

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2003年12月24日 (24.12.2003)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 03/107055 A1(51) 国際特許分類:  
6/42, 6/32, 3/00, G02F 1/13

G02B 6/28,

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中村 浩一郎  
(NAKAMURA, Koichiro) [JP/JP]; 〒541-8559 大阪府 大阪市中央区北浜四丁目7番28号 日本板硝子株式会社内  
Osaka (JP). 和田 哲 (WADA, Satoshi) [JP/JP]; 〒541-8559  
大阪府 大阪市中央区北浜四丁目7番28号 日本板硝子株式会社内 Osaka (JP).

(21) 国際出願番号:

PCT/JP03/07606

(22) 国際出願日:

2003年6月16日 (16.06.2003)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(74) 代理人: 小山 有 (KOYAMA, Yuu); 〒102-0083 東京都千代田区麹町5丁目7番 秀和紀尾井町TBRビル922号  
Tokyo (JP).

(30) 優先権データ:

特願2002-174757	2002年6月14日 (14.06.2002)	JP
特願2002-174764	2002年6月14日 (14.06.2002)	JP
特願2003-167844	2003年6月12日 (12.06.2003)	JP
特願2003-167853	2003年6月12日 (12.06.2003)	JP

(81) 指定国 (国内): CA, US.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本板硝子株式会社 (NIPPON SHEET GLASS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒541-8559 大阪府 大阪市中央区北浜四丁目7番28号 Osaka (JP).

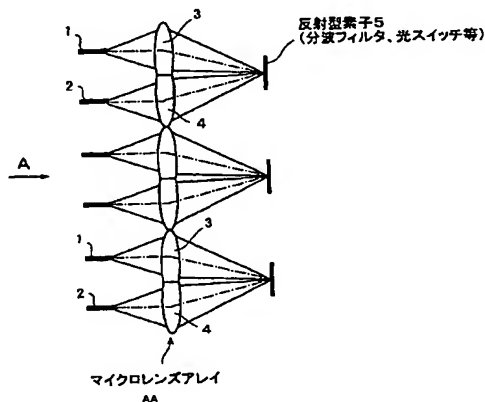
2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(71) 出願人 および

(72) 発明者: 浜中 賢二郎 (HAMANAKA, Kenjiro) [JP/JP]; 〒541-8559 大阪府 大阪市中央区北浜四丁目7番28号 日本板硝子株式会社内 Osaka (JP).

(54) Title: OPTICAL DEVICE UNIT, OPTICAL DEVICE, AND MICROLENS ARRAY

(54) 発明の名称: 光デバイスユニット、光デバイス及びマイクロレンズアレイ



5... REFLECTIVE ELEMENT (DEMULTIPLEXING FILTER, OPTICAL SWITCH, ETC)  
AA... MICROLENS ARRAY

(57) Abstract: An optical device unit comprising optical fibers for input and output, a lens, a reflective/semitransparent optical element, wherein lenses the number of which are the same as the optical fibers for input and output are provided, and the optical fibers, the lenses, and the reflective/semitransparent optical element is so disposed that the input/output ends of the optical fibers, the optical axis centers of the lenses and the reflection/transmission point of the reflective/semitransparent optical element are aligned.



---

(57) 要約:

入出力用光ファイバとレンズと反射型光学素子・半透過型光学素子からなる光デバイスユニットにおいて、自由度をもった光学設計を可能とするため、入出力用光ファイバの数と同数のレンズを設けるとともに、光ファイバの入出力端とレンズの光軸中心と反射型光学素子・半透過型光学素子の反射点・透過点とが一直線となるように、光ファイバとレンズと反射型光学素子・半透過型光学素子を配置した。

## 明 細 書

光デバイスユニット、光デバイス及びマイクロレンズアレイ

## 5 技術分野

本発明は光分波モジュール、光アッド・ドロップモジュール、利得等化器、パワーモニターなどとして用いられる光デバイスユニット、この光デバイスユニットを複数個集合した光デバイス及び光デバイスユニットまたは光デバイスを構成するマイクロレンズアレイに関する。

10

## 背景技術

3端子モジュールの例として知られる光分波モジュールは、図27に示すように分波フィルタ100の両側に屈折率分布型ロッドレンズ101、102を配置し、光ファイバ103に波長 $(\lambda_1 + \lambda_2)$ の光を入射し、この光を屈折率分布型ロッドレンズ101を介して分波フィルタ100に当て、波長 $(\lambda_1)$ の光については分波フィルタ100で反射しロッドレンズ101を介して光ファイバ104に入射せしめ、波長 $(\lambda_2)$ の光については分波フィルタ100を透過しロッドレンズ102を介して光ファイバ105に入射せしめるようにしている。

20 図28は図27に示した光学系と等価な光学系を凸レンズを用いて示したものであり、斯かる光学系は、光ファイバ103、104、105とレンズ101、102との距離、レンズ101、102と分波フィルタ100との距離がともにレンズの焦点距離 $f$ となるように設定している。

25 光ファイバは多くの場合、シリコンやガラスで作製された断面がV字状の平行な溝（所謂、平行溝）に配列固定される。このように光ファイバ103、104が平行に配置されたとき、上記の光学系は反射光を最も効率よく光ファイバ104で受光するための構成、即ちテレセントリ

ック光学系となっている。

上述した従来の光学系において、光ファイバとレンズとの距離、レンズと分波フィルタ(光機能素子)との距離が焦点距離と異なる場合には、  
図 2 9 に示すように分波フィルタで反射した光の主光線がレンズの光軸  
5 に対して傾斜し、このため受光側の光ファイバをこれにしたがって傾斜  
させなければならないなどの不具合が生じる。

即ち、反射光の主光線が傾斜するのを避けるためにテレセントリック  
光学系を構成しようとする、光ファイバ-レンズ間距離とレンズ-光  
機能素子間距離をともにレンズの焦点距離にする必要があり、例えば、  
10 光機能素子の構造の都合などでレンズ-光機能素子間距離を長くする必  
要がある場合、長い焦点距離をもつレンズはその直径も大きくなるため、  
光学系の寸法が大きくなってしまうという難点がある。

また、4 端子モジュールの例として知られる光分波モジュールは、図  
3 0 に示すように分波フィルタ 2 0 0 の両側に屈折率分布型ロッドレン  
15 ズ 2 0 1、2 0 2 を配置し、更に屈折率分布型ロッドレンズ 2 0 1、2  
0 2 の外側にそれぞれ対をなす出射用光ファイバ 2 0 3、2 0 5 と入射  
用光ファイバ 2 0 4、2 0 6 を配置している。

そして、出射用光ファイバ 2 0 3 から出射した波長 ( $\lambda_1 + \lambda_2$ ) の  
光を屈折率分布型ロッドレンズ 2 0 1 を介して分波フィルタ 2 0 0 に当  
20 て、波長 ( $\lambda_1$ ) の光については分波フィルタ 2 0 0 で反射しロッドレ  
ンズ 2 0 1 を介して入射用光ファイバ 2 0 4 に入射せしめ、波長 ( $\lambda_2$ )  
の光については分波フィルタ 2 0 0 を透過しロッドレンズ 2 0 2 を介し  
て光ファイバ 2 0 6 に入射せしめ、同様に入射用光ファイバ 2 0 5 から  
出射した波長 ( $\lambda_3 + \lambda_4$ ) の光を屈折率分布型ロッドレンズ 2 0 2 を  
25 介して分波フィルタ 2 0 0 に当て、波長 ( $\lambda_4$ ) の光については分波フ  
ィルタ 2 0 0 で反射しロッドレンズ 2 0 2 を介して入射用光ファイバ 2  
0 6 に入射せしめ、波長 ( $\lambda_3$ ) の光については分波フィルタ 2 0 0 を  
透過しロッドレンズ 2 0 1 を介して光ファイバ 2 0 4 に入射せしめる。

図 3 1 は図 3 0 に示した光学系と等価な光学系を凸レンズを用いて示したものであり、斯かる光学系は、光ファイバ 2 0 3、2 0 4、2 0 5、2 0 6 とレンズ 2 0 1、2 0 2 との距離、レンズ 2 0 1、2 0 2 と分波フィルタ 2 0 0 との距離がともにレンズの焦点距離  $f$  となるように設定している。

光ファイバは多くの場合、シリコンやガラスで作製された断面が V 字状の平行な溝（所謂、平行溝）に配列固定される。このように光ファイバ 2 0 3、2 0 4 が平行に配置されたとき、上記の光学系は反射光を最も効率よく光ファイバ 2 0 4 で受光するための構成、即ちテレセントリック光学系となっている。

上述した従来の光学系において、光ファイバとレンズとの距離、レンズと分波フィルタ（光機能素子）との距離が焦点距離と異なる場合には、図 3 2 に示すように分波フィルタで反射した光の主光線がレンズの光軸に対して傾斜し、このため受光側の光ファイバをこれにしたがって傾斜させなければならないなどの不具合が生じる。

即ち、反射光の主光線が傾斜するのを避けるためにテレセントリック光学系を構成しようとする、光ファイバーレンズ間距離とレンズ－光機能素子間距離をともにレンズの焦点距離にする必要があり、例えば、光機能素子の構造の都合などでレンズ－光機能素子間距離を長くする必要がある場合、長い焦点距離をもつレンズはその直径も大きくなるため、光学系の寸法が大きくなってしまうという難点がある。

#### 発明の開示

第 1 発明に係る光デバイスユニットは、第 1 の光ファイバから出射した光がレンズで集光されて反射型光素子方向に向かい、この反射型光素子で前記第 1 の光ファイバから出射した光またはその一部が反射され、この反射した光がレンズで集光されて第 2 の光ファイバに入射する光デバイスユニットであって、前記レンズをそれぞれの光ファイバに対応し

た第 1 及び第 2 のレンズにて構成し、また前記第 1 及び第 2 の光ファイバの光軸間距離は前記第 1 及び第 2 のレンズの光軸中心間距離より大きく、且つ第 1 の光ファイバの光出射端と第 1 のレンズの光軸中心と反射型素子の反射点は一直線状に配置され、また反射型素子の反射点と第 2 のレンズの光軸中心と第 2 の光ファイバの入射端は一直線状に配置された構成とした。

このように、従来 1 個のレンズで構成していた部分を 2 個のレンズで構成し、これらレンズの光軸中心間距離と光ファイバの光軸間距離を適正に調整することで、従来のテレセントリック光学系の制約条件に制限されることなしに、光ファイバと反射型光学素子との結像倍率を広い範囲で設定できるため、自由度をもった光学設計が可能になる。

第 1 発明に係る光デバイスユニットにおいて、光ファイバとして多モード光ファイバを用いる場合には、第 1 の光ファイバの光出射端と反射型光素子の反射点、また第 2 の光ファイバの光入射端と反射型光素子の反射点とがそれぞれ幾何光学的な共役関係にあることが好ましく、また光ファイバとして単一モード光ファイバを用いる場合には、第 1 の光ファイバの光出射端、反射型光素子の反射点、また第 2 の光ファイバの光入射端のいずれの位置にもガウシアンビームのビームウェストが形成される構成にすることが好ましい。

また、前記レンズは軸外収差を補正する手段を備えていることが好ましく、軸外収差を補正する手段としては、レンズの直交する 2 軸の光学的パワーを変化させた形状が考えられる。例えば、いわゆるトーリックレンズや、軸外の非点収差、コマ収差を補正するように設計、作製された回折光学素子（DOE）レンズなどが使用できる。

尚、第 1 発明における反射型光素子としては、例えば分波フィルタ、可動鏡または光検出器などが考えられる。

また、第 2 発明に係る光デバイスユニットは、半透過型光素子を中心として左右両側に出射用光ファイバと入射用光ファイバが対をなして配

置され、左右一方の側の出射用光ファイバから出射した光をレンズ手段で集光せしめ、この集光した光を半透過型光素子を透過させ、また同素子で反射させて左右の入射用光ファイバに選択的に入射せしめるようにした光デバイスユニットであって、前記レンズ手段は対をなす出射用及び入射用の光ファイバに対応した一对のレンズからなり、また前記対をなす出射用及び入射用の光ファイバの光軸間距離は前記一对のレンズの光軸中心間距離より大きく、且つ各光ファイバの光出射端または入射端と各光ファイバに対応するレンズの光軸中心と半透過型光素子の透過点または反射点は一直線状に配置された構成とした。

このように、従来 1 個のレンズで構成していた部分を 2 個のレンズで構成し、これらレンズの光軸中心間距離と光ファイバの光軸間距離を適正に調整することで、自由度をもった光学設計が可能になる。

また、第 2 発明に係る光デバイスユニットにおいて、光ファイバとして多モード光ファイバを用いる場合には、第 1 の光ファイバの光出射端と反射型光素子の反射点、また第 2 の光ファイバの光入射端と反射型光素子の反射点とがそれぞれ幾何光学的な共役関係にあることが好ましく、また光ファイバとして単一モード光ファイバを用いる場合には、第 1 の光ファイバの光出射端、反射型光素子の反射点、また第 2 の光ファイバの光入射端のいずれの位置にもガウシアンビームのビームウェストが形成される構成にすることが好ましい。

また、前記レンズは軸外収差を補正する手段を備えていることが好ましく、軸外収差を補正する手段としては、レンズの直交する 2 軸の光学的パワーを変化させた形状が考えられる。例えば、いわゆるトーリックレンズや、軸外の非点収差、コマ収差を補正するように設計、作製された回折光学素子（DOE）レンズなどが使用できる。

尚、第 2 発明における半透過型光素子としては、例えば分波フィルタまたは液晶シャッタなどの反射／透過切替素子などが考えられる。

また、第 1 発明及び第 2 発明に係る光デバイスは上記の光デバイスユ

ニットが1次元または2次元状に複数個連設された構成であり、斯かる光デバイス或いは光デバイスユニットのレンズとしては、マイクロレンズアレイが好適である。

5 マイクロレンズアレイは、ガラス基板などの透明基板の表面に多数の凸レンズを所定のパターンで形成したものであるが、本発明においては特に2つのレンズが対をなすように、その一部が切断され、切断された部分を突き合わせた形状のレンズ部とするのが好ましい。

尚、マイクロレンズアレイは上記の光デバイスユニット或いは光デバイス以外にも適用できるものである。

10

#### 図面の簡単な説明

第1図は、第1発明に係る光デバイスユニットのうち2端子モジュールの構成図であり、(a)が多モード光ファイバを用い、(b)が単一モード光ファイバを用いた例；第2図は、第1図に示した光デバイスユニットを要素とする光デバイスの構成図；第3図は、光デバイスの別実施例を示す第2図と同様の図；第4図は、第3図のA方向矢視図；第5図は、第3図に示した光デバイスを構成するマイクロレンズアレイの断面図；第6図は、マイクロレンズアレイの別実施例を示す断面図；第7図

15 (a)は、光ファイバ間距離を $125\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表であり、(b)は光ファイバ間距離を $250\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表であり、(c)は設計値の説明に供する図；第8図(a)は、第7図に示した設計値のうち倍率とレンズ径の関係を示すグラフであり、(b)は倍率と開口率の関係を示すグラフであり、(c)は倍率とレンズ-光機能素子間距離の関係を示すグラフ；第9図(a)は、従来のテレセントリック光学系によって光ファイバ間距離を $125\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表であり、(b)は同じく光ファイバ間距離を $250\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表であり、(c)は設計値の説明に供する従来のテレセントリック光学系の図；第10図(a)は、第9図に示した設計値のうちレンズ径と開

20

25



口率との関係を示すグラフであり、(b)はレンズ径とレンズ－光機能素子間距離との関係を示すグラフであり、(c)はレンズ径とビームウェスト径との関係を示すグラフ；第11図は、第1発明における光デバイスの挿入損失の測定結果；第12図は、第2発明に係る光デバイスユニットのうち4端子モジュールの構成図；第13図(a)及び(b)は、第12図に示した光デバイスユニットの作用を説明した図；第14図は、単一モードの光ファイバを用いた場合の作用を説明した図；第15図は、第12図に示した光デバイスユニットを要素とする光デバイスの構成図；第16図は、別実施例に係る光デバイスユニットの作用を説明した図；第17図は、別実施例に係る光デバイスの構成図；第18図は、別実施例に係る光デバイスの構成図；第19図は、第17図のA方向矢視図；第20図は、第17図に示した光デバイスを構成するマイクロレンズアレイの断面図；第21図は、マイクロレンズアレイの別実施例を示す断面図；第22図(a)は、光ファイバ間距離を $125\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表であり、(b)は光ファイバ間距離を $250\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表であり、(c)は設計値の説明に供する図；第23図(a)は、第22図に示した設計値のうち倍率とレンズ径の関係を示すグラフであり、(b)は倍率と開口率の関係を示すグラフであり、(c)は倍率とレンズ－光機能素子間距離の関係を示すグラフ；第24図(a)は、従来のテレセントリック光学系によって光ファイバ間距離を $125\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表であり、(b)は同じく光ファイバ間距離を $250\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表であり、(c)は設計値の説明に供する従来のテレセントリック光学系の図；第25図(a)は、第24図に示した設計値のうちレンズ径と開口率との関係を示すグラフであり、(b)はレンズ径とレンズ－光機能素子間距離との関係を示すグラフであり、(c)はレンズ径とビームウェスト径との関係を示すグラフ；第26図は、第2発明における光デバイスの挿入損失の測定結果；第27図は、従来の光分波モジュールの構成図；第28図は、第27図に示した光学

系と等価な光学系を凸レンズを用いて示した図；第 29 図は、第 27 図に示した従来の光分波モジュールの問題点を説明した図；第 30 図は、従来の光分波モジュールの構成図；第 31 図は、第 30 図に示した光学系と等価な光学系を凸レンズを用いて示した図；第 32 図は、第 30 図に示した従来の光分波モジュールの問題点を説明した図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

第 1 図は第 1 発明に係る光デバイスユニットのうち 2 端子モジュールの構成図であり、(a) は多モード光ファイバを用い、(b) が単一モード光ファイバを用いた例である。

光デバイスユニットは、第 1 の光ファイバ 1、第 2 の光ファイバ 2、第 1 のレンズ 3、第 2 のレンズ 4 及び反射型光素子 5 から構成され、第 1 の光ファイバ 1 から出射した光が第 1 のレンズ 3 で偏向されて反射型光素子 5 方向に向い、この反射型光素子 5 で前記第 1 の光ファイバ 1 から出射した光の全部またはその一部が反射され、この反射した光が第 2 のレンズ 4 で偏向されて第 2 の光ファイバ 2 に入射する。

そして、第 1 発明にあつては第 1 及び第 2 の光ファイバ 1、2 の光軸間距離  $L_1$  は第 1 及び第 2 のレンズ 3、4 の光軸中心間距離  $L_2$  より大きく、且つ第 1 の光ファイバ 1 の光出射端と第 1 のレンズ 3 の光軸中心と反射型素子 5 の反射点は一直線状になり、また反射型素子 5 の反射点と第 2 のレンズ 4 の光軸中心と第 2 の光ファイバ 2 の入射端も一直線状になっている。

また、多モード光ファイバを用いた場合には、第 1 図 (a) に示すように、第 1 の光ファイバ 1 の光出射端と反射型光素子 5 の反射点、また第 2 の光ファイバ 2 の光入射端と反射型光素子 5 の反射点とがそれぞれ幾何光学的な共役関係となるように各要素間の距離を設定している。

一方、単一モード光ファイバを用いた場合には、第 1 図 (b) に示す

ように、第1の光ファイバ1の光出射端、反射型光素子5の反射点、及び第2の光ファイバ2の光入射端のいずれの位置にもガウシアンビームのビームウェストが形成されるように各要素間の距離を設定している。

上記反射型光素子5としては、分波フィルタ、可動鏡、光検出器などが考えられる。

分波フィルタを用いた場合には、第1の光ファイバ1から複数の波長を含む光が入射した場合、特定の波長の光のみを第2の光ファイバ2に入射させることができ、微小電気機械式可動鏡（MEMSミラー）を用いた場合には、光路に可動鏡を出し入れすることで第2の光ファイバ2への入射光をオン・オフでき、表面反射率の高い光検出器を用いた場合には、低い損失で第1の光ファイバ1から第2の光ファイバ2への光の入射光量を監視することができる。

尚、前記レンズ3、4は軸外収差を補正するために、レンズの直交する2軸の光学パワーを変化させた形状になっている。前述のトーリックレンズやDOEレンズがこれに相当する。

第2図は第1図に示した光デバイスユニットを要素とする光デバイスの構成図であり、光デバイスは上記した光デバイスユニットを1次元または2次元状に複数個連設した構成となっている。光デバイスユニットは全て同一のものを連設してもよいが、異ならせてもよい。例えば、各光デバイスユニットの反射型光素子5として、異なる分波特性をもつ分波フィルタを配列すれば、入射側の各光ファイバ2…に異なる波長の光を入射させることができる。

第1図に示したように、光デバイスユニットを構成する一対のレンズ3、4の近接する部分はレンズとして有効に利用されていない。そこで、第3図及び第3図のA方向矢視図である第4図に示すように、マイクロレンズアレイを作製する場合には、近接した部分を除去した形状、具体的には、光軸方向から見て対をなすレンズ3、4の中心を結ぶ線分の垂直2等分線に沿って切除し、この切除された部分を突き合わせた形状に

するようにしてもよい。

第3図および第4図に示した光デバイスを構成するマイクロレンズアレイとしては、第5図に示すように、ガラスなどの透明基板10の表面に高屈折率樹脂からなる第1及び第2のレンズ3、4を突状に形成した構成、或いは第6図に示すように、透明基板10の表面に凹部を形成し、この凹部に高屈折率樹脂を充填して第1及び第2のレンズ3、4とする構成などが考えられる。

第5図に示す構造のマイクロレンズアレイを製造するには、例えばガラスなどの透明基板10の表面に高屈折率樹脂を盛り付け、盛り付けた高屈折率樹脂をガラス型などでプレス成形し、この後、紫外線あるいは熱によって高屈折率樹脂を硬化せしめる。

また、第6図に示す構造のマイクロレンズアレイを製造するには、例えばガラスなどの透明基板10の表面にマスクを介してエッチングを施して凹部を形成し、この凹部に高屈折率樹脂を充填し、この後、紫外線あるいは熱によって高屈折率樹脂を硬化せしめる。

尚、マイクロレンズアレイを製造する方法は上記に限定されず、イオン交換法などでも可能である。

次に、具体的な設計数値例を挙げて第1発明に係る光デバイスを説明する。ここで、第7図(a)は光ファイバ間距離を $125\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表、(b)は光ファイバ間距離を $250\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表、(c)は設計値の説明に供する図であり、第8図(a)は第7図に示した設計値のうち倍率とレンズ径の関係を示すグラフ、(b)は倍率と開口率の関係を示すグラフ、(c)は倍率とレンズ-光機能素子間距離の関係を示すグラフであり、また第9図(a)は従来のテレセントリック光学系によって光ファイバ間距離を $125\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表、(b)は同じく光ファイバ間距離を $250\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表、(c)は設計値の説明に供する従来のテレセントリック光学系の図であり、第10図(a)は第9図に示した設計値のうちレンズ径と開口

率との関係を示すグラフ、(b)はレンズ径とレンズ－光機能素子間距離との関係を示すグラフ、(c)はレンズ径とビームウェスト径との関係を示すグラフである。

第7図において、通常光ファイバの径は $125\mu\text{m}$ であるので、光ファイバ間距離を $125\mu\text{m}$ とすることは、2本の光ファイバを密接させた状態（これ以上間隔を小さくすることはできない状態）を意味する。

そして、この場合にレンズ－光機能素子間距離 $L/2$ が与えられると、結像倍率 $\beta$ およびレンズ径 $PL$ が決められる。例えば第8図(c)から、 $L/2 = 1\text{mm}$ の場合、 $\beta$ は約4倍、 $L/2 = 2.5\text{mm}$ の場合、 $\beta$ は約8.5倍が必要となり、この倍率に対応するレンズ径は、第8図(a)から、それぞれ $PL = 100\mu\text{m}$ 、 $112\mu\text{m}$ であり、10%強しか変化しない。換言すれば、本発明の光デバイスによれば、レンズ径をあまり変化させずにレンズ－光機能素子間距離を変化させることができ、光機能素子の都合によってレンズ－光機能素子間距離を長くさせなければならない場合などに有利である。

また、第7図において、光ファイバ間距離を $250\mu\text{m}$ とすると、第8図(c)に示すように、同じ倍率でレンズ－光機能素子間距離 $L/2$ を約2倍に延ばすことができる。このことも光デバイスの設計における自由度が高くなることにつながる。

一方、第9図、第10図に示すように、テレセントリック光学系の場合には、レンズ－光機能素子間距離 $L/2 = f$ 、光ファイバ－レンズ間距離も $f$ に固定され、設計の自由度が小さくなる。また、光ファイバ間距離 $125\mu\text{m}$ の光学系で、 $L/2 = 1\text{mm}$ とするとレンズ径は約 $500\mu\text{m}$ 、 $L/2 = 2.5\text{mm}$ ではレンズ径は約 $1\text{mm}$ となり2倍も大きくする必要があり、装置全体の大型化につながる。

更に、第1発明のもう一つの実施の形態として単一モード光ファイバアレイ、レンズアレイ及び反射型光素子からなる第2図に示すような光デバイスを構成した。光学系は第1図(b)に示すものに該当する。こ

の実施例は反射型光学系に限定する。

レンズアレイのレンズ素子は樹脂を成形して形成した。一对のレンズ素子に対応した凹部が対になって配列されたレンズアレイ用成形型を準備する。この成形型に離型剤を塗布したのち、紫外線硬化型のエポキシ樹脂を流下し、それにガラス基板を押し当てる。その状態で紫外線を照射して樹脂を硬化したのち、離型してレンズアレイを得た。反射型光素子はレンズアレイのガラス基板の裏面にAl膜を蒸着して形成した。

製作したレンズ素子の直径 $PL$ は $500\mu m$ であり、一对のレンズ間距離 $L_2$ は $500\mu m$ とした。即ち、一对のレンズ素子は互いに接した位置に配置され、第1図(b)に示す光学系が形成された。レンズ素子の焦点距離 $f$ は波長 $1550nm$ において $1.075mm$ であり、開口数 $NA$ は $0.233$ であった。また、使用した単一モード光ファイバのモードフィールド径は $10.5\mu m$ である。

光デバイスの組立は次の手順で行う。レンズアレイと反射面間距離 $L/2$ をレンズアレイ基板の厚みの調整により設定した後、第1の光ファイバ1から波長 $1550nm$ の光を入射する。この光が第1のレンズ3を介して反射型光素子5に入射し、反射された光が第2のレンズ4により集光されて第2の光ファイバ2に結合する際、挿入損失が最小になるようにレンズに対する光ファイバの位置(光ファイバの光軸間距離 $L_1$ 、光ファイバ端面とレンズ間の距離 $d_0$ )と反射型光素子のあおり角を調整した。

このような光デバイスにおいて、レンズと反射型光素子の距離 $L/2$ を変化させたときの挿入損失の測定を行った。 $L/2$ を $4.0$ 、 $6.0$ 、 $8.0mm$ に変化させたときの各部の寸法の計算値もあわせて表1に示す。挿入損失の測定結果は、第11図に示す通りである。 $L/2$ が $6\sim 10mm$ の範囲で挿入損失 $IL$ が低くなり、 $L/2=9mm$ のとき、 $IL$ の最小値 $0.6dB$ が得られた。ただしこの $IL$ は、反射面の反射率を $100\%$ として換算した過剰挿入損失である。

【表 1】

レンズー反射面間距離	$L/2(\mu m)$	4000	6000	8000
光ファイバ端面ーレンズ間距離	$d0(\mu m)$	1083	1089	1097
倍率	$\beta$	5.5	7.3	9.0
光ファイバ光軸間距離	$L1(\mu m)$	635	591	569
反射面のあおり角	(deg)	3.58	2.39	1.79
ビームウェスト半径	$w1(\mu m)$	100	98	94
実効 NA	$Na_{eff}$	0.168	0.188	0.197

次に、第 2 発明について説明する。第 1 2 図は第 2 発明に係る光デバイスユニットのうち 4 端子モジュールの構成図であり、光デバイスユニットは、半透過型光素子 2 1 を中心として左右両側にレンズ手段 2 2、2 3 が配置され、レンズ手段 2 2 の外側には出射用光ファイバ 2 4 と入射用光ファイバ 2 5 が対をなして配置され、レンズ手段 2 3 の外側には出射用光ファイバ 2 6 と入射用光ファイバ 2 7 が対をなして配置されている。

特に第 2 発明にあつては、レンズ手段 2 2、2 3 はそれぞれに対応する光ファイバに合わせて一对のレンズ 2 2 a、2 2 b 及び 2 3 a、2 3 b から構成され、また、前記対をなす出射用及び入射用の光ファイバ 2 4、2 5 または 2 6、2 7 の光軸間距離  $L_1$  は前記一对のレンズ 2 2 a、2 2 b または 2 3 a、2 3 b の光軸中心間距離  $L_2$  より大きく、且つ各光ファイバの光出射端または入射端と各光ファイバに対応するレンズの光軸中心と半透過型光素子の透過点または反射点は一直線状に配置されている。

つまり、各光ファイバ 2 4、2 5、2 6、2 7 の光出射端または光入射端と半透過型光素子 2 5 の透過点または反射点とがそれぞれ幾何光学的な共役関係となる。

前記半透過型光素子 2 1 として、分波フィルタを用いた場合の作用を第 1 3 図に基づいて説明すると、(a) に示すように、出射用光ファイバ（多モード光ファイバ）2 4 から複数波長（ $\lambda_1 + \lambda_2$ ）を含む光が分波フィルタに入射すると、特定の波長（ $\lambda_1$ ）の光のみが透過し、入射

用光ファイバ 27 に入射する。そして、分波フィルタが特定の波長 ( $\lambda_2$ ) を反射するように設計されている場合には、同時に反射光 ( $\lambda_2$ ) が入射用光ファイバ 25 に入射する。

5 また、(b) に示すように、出射用光ファイバ 26 から複数波長 ( $\lambda_3 + \lambda_4$ ) を含む光が分波フィルタに入射すると、特定の波長 ( $\lambda_3$ ) の光のみが透過し、入射用光ファイバ 27 に入射する。そして、分波フィルタが特定の波長 ( $\lambda_4$ ) を反射するように設計されている場合には、同時に反射光 ( $\lambda_4$ ) が入射用光ファイバ 7 に入射する。

10 一方、単一モード光ファイバを用いる場合には、第 14 図に示すように、各光ファイバ 24、25、26、27 の光出射端または光入射端、半透過型光素子 21 の透過点または反射点のいずれの位置にもガウシアンビームのビームウェストが形成されるように各要素間の距離を設定する。

15 前記反射型光素子 21 としては、分波フィルタの他に液晶シャッタなどの反射／透過切替素子を用いてもよい。反射／透過切替素子を用いると、電気信号入力によって光ファイバ 24 から出射した光を、光ファイバ 25 または光ファイバ 27 のいずれかに入射せしめる切替動作を行うことができる。

20 尚、前記レンズ手段 22、23 は軸外収差を補正するために、レンズの直交する 2 軸の光学パワーを変化させた形状になっている。前述のトーリックレンズや DOE レンズがこれに相当する。

25 第 15 図は第 12 図に示した光デバイスユニットを要素とする光デバイスの構成図であり、光デバイスは上記した光デバイスユニットを 1 次元または 2 次元状に複数個連設した構成となっている。光デバイスユニットは全て同一のものを連設してもよいが、異ならせてもよい。例えば、各光デバイスユニットの半透過型光素子 21 として、異なる分波特性をもつ分波フィルタを配列すれば、入射側の各光ファイバ 24、25、26、27 に異なる波長の光を入射させることができる。



第 16 図は本発明に係る光デバイスユニットのうち 3 端子モジュールの構成図であり、光デバイスユニットは、第 1 の光ファイバ 24、第 2 の光ファイバ 25、第 1 のレンズ 22a、第 2 のレンズ 22b、半透過型光素子 21 及び第 4 の光ファイバ 27 から構成され、第 1 の光ファイバ 24 から出射した光が第 1 のレンズ 22a で集光されて半透過型光素子 21 方向に向い、この半透過型光素子 21 で前記第 1 の光ファイバ 24 から出射した光の一部（波長  $\lambda_1$ ）が反射され、この反射した光は第 2 のレンズ 22b で集光されて第 2 の光ファイバ 25 に入射し、また半透過型光素子 21 を透過した光（波長  $\lambda_2$ ）は第 4 の光ファイバ 27 に入射する。

この実施例にあっても、第 1 及び第 2 の光ファイバ 24、25 の光軸間距離  $L_1$  は第 1 及び第 2 のレンズ 22a、22b の光軸中心間距離  $L_2$  より大きく、且つ第 1 の光ファイバ 24 の光出射端と第 1 のレンズ 22a の光軸中心と半透過型光素子 21 の反射点（透過点）は一直線状になり、また半透過型光素子 21 の反射点（透過点）と第 2 のレンズ 22b の光軸中心と第 2 の光ファイバ 25 の入射端も一直線状になっている。そして、第 3 の光ファイバ 26、第 4 の光ファイバ 27 の光入射端は半透過型光素子 21 を中心として第 1 の光ファイバ 24、第 2 の光ファイバ 25 と対称位置にある。

また、光ファイバとして多モード光ファイバを用いた場合、単一モード光ファイバを用いた場合の各要素間の距離の設定は、前記した実施例と同じであり、反射型光素子 25 の具合例も前記実施例と同一である。

第 12 図に示したように、光デバイスユニットを構成する一対のレンズ 22a、22b の近接する部分はレンズとして有効に利用されていない。そこで、第 17 図（4 端子）、第 18 図（3 端子）及び第 17 図の A 方向矢視図である第 19 図に示すように、マイクロレンズアレイを作製する場合には、近接した部分を除去した形状、具体的には、光軸方向から見て対をなすレンズ 22a、22b の中心を結ぶ線分の垂直 2 等分線

に沿って切除し、この切除された部分を突き合わせた形状にするようにしてもよい。

上記の光デバイスを構成するマイクロレンズアレイとしては、第20図に示すように、ガラスなどの透明基板30の表面に高屈折率樹脂からなる一対のレンズ22a、22b(23a、23b)を突状に形成した構成、或いは第21図に示すように、透明基板30の表面に凹部を形成し、この凹部に高屈折率樹脂を充填して一対のレンズ22a、22b(23a、23b)とする構成が考えられる。

第20図に示す構造のマイクロレンズアレイを製造するには、例えばガラスなどの透明基板30の表面に高屈折率樹脂を盛り付け、盛り付けた高屈折率樹脂をガラス型などでプレス成形し、この後、紫外線あるいは熱によって高屈折率樹脂を硬化せしめる。

また、第21図に示す構造のマイクロレンズアレイを製造するには、例えばガラスなどの透明基板30の表面にマスクを介してエッチングを施して凹部を形成し、この凹部に高屈折率樹脂を充填し、この後、紫外線あるいは熱によって高屈折率樹脂を硬化せしめる。

尚、マイクロレンズアレイを製造する方法は上記に限定されず、イオン交換法などでも可能である。

次に、具体的な設計数値例を挙げて本発明に係る光デバイスを説明する。ここで、第22図(a)は光ファイバ間距離を $125\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表、(b)は光ファイバ間距離を $250\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表、(c)は設計値の説明に供する図であり、第23図(a)は第22図に示した設計値のうち倍率とレンズ径の関係を示すグラフ、(b)は倍率と開口率の関係を示すグラフ、(c)は倍率とレンズ-光機能素子間距離の関係を示すグラフであり、また第24図(a)は従来のテレセントリック光学系によって光ファイバ間距離を $125\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表、(b)は同じく光ファイバ間距離を $250\mu\text{m}$ とした場合の設計値の表、(c)は設計値の説明に供する従来のテレセントリック光学

系の図であり、第25図(a)は第24図に示した設計値のうちレンズ径と開口率との関係を示すグラフ、(b)はレンズ径とレンズ-光機能素子間距離との関係を示すグラフ、(c)はレンズ径とビームウェスト径との関係を示すグラフである。

- 5 第22図において、通常光ファイバの径は $125\mu\text{m}$ であるので、光ファイバ間距離を $125\mu\text{m}$ とすることは、2本の光ファイバを密接させた状態(これ以上間隔を小さくすることはできない状態)を意味する。

- そして、この場合にレンズ-光機能素子間距離 $L/2$ が与えられると、結像倍率 $\beta$ およびレンズ径 $PL$ が決められる。例えば第23図(c)から、 $L/2 = 1\text{mm}$ の場合、 $\beta$ は約4倍、 $L/2 = 2.5\text{mm}$ の場合、 $\beta$ は約8.5倍が必要となり、この倍率に対応するレンズ径は、第23図(a)から、それぞれ $PL = 100\mu\text{m}$ 、 $112\mu\text{m}$ であり、10%強しか変化しない。換言すれば、本発明の光デバイスによれば、レンズ径をあまり変化させずにレンズ-光機能素子間距離を変化させることができ、光機能素子の都合によってレンズ-光機能素子間距離を長くさせなければならぬ場合などに有利である。
- 10  
15

- また、第22図において、光ファイバ間距離を $250\mu\text{m}$ とすると、第23図(c)に示すように、同じ倍率でレンズ-光機能素子間距離 $L/2$ を約2倍に延ばすことができる。このことも光デバイスの設計における自由度が高くなることにつながる。
- 20

- 一方、第24図、第25図に示すように、テレセントリック光学系の場合には、レンズ-光機能素子間距離 $L/2 = f$ 、光ファイバ-レンズ間距離も $f$ に固定され、設計の自由度が小さくなり、また、光ファイバ間距離 $125\mu\text{m}$ の光学系で、 $L/2 = 1\text{mm}$ とするとレンズ径は約 $500\mu\text{m}$ 、 $L/2 = 2.5\text{mm}$ ではレンズ径は約 $1\text{mm}$ となり2倍も大きくする必要があり、装置全体の大型化につながる。
- 25

更に、本発明のもう一つの実施の形態として単一モード光ファイバアレイ、レンズアレイ及び半透過型光素子からなる第15図に示すような

光デバイスを構成した。光学系は第 14 図に示すものに該当する。この実施例は透過型光学系に限定する。

5 レンズアレイのレンズ素子は樹脂を成形して形成した。一对のレンズ素子に対応した凹部が対になって配列されたレンズアレイ用成形型を準備する。この成形型に離型剤を塗布したのち、紫外線硬化型のエポキシ樹脂を流下し、それにガラス基板を押し当てる。その状態で紫外線を照射して樹脂を硬化したのち、離型してレンズアレイを得た。半透過型光素子は波長 1550 nm において 90% を反射し、10% を透過する部分反射鏡であり、一方のレンズアレイのガラス基板の裏面に Au 膜を蒸着して形成した。

10 製作したレンズ素子の直径 PL は 500  $\mu$ m であり、一对のレンズ間距離 L/2 は 500  $\mu$ m とした。即ち、一对のレンズ素子は互いに接した位置に配置され、第 14 図に示す光学系が形成された。レンズ素子の焦点距離 f は波長 1550 nm において 1.075 mm であり、開口数 NA は 0.233 であった。また、使用した単一モード光ファイバのモードフィールド径は 10.5  $\mu$ m である。

光デバイスの組立は次の手順で行う。二つレンズアレイと半透過面間距離 L/2 をレンズアレイ基板の厚み（2つのレンズアレイで等しく設定する）の調整により設定した後、光ファイバ 24 から波長 1550 nm の光を入射する。この光がレンズ 22a を介して半透過型光素子 21 に入射し、反射された光がレンズ 22b により集光されて光ファイバ 25 に結合する際、挿入損失が最小になるようにレンズに対する光ファイバの位置（光ファイバの光軸間距離 L1、光ファイバ端面とレンズ間の距離 d0）と半透過型光素子のあおり角を調整した。つぎに半透過型光素子 21 を透過した光がレンズ 23b に入射し、光ファイバ 27 に結合し、挿入損失が最小となるように光ファイバの位置を調整した。

25 このような光デバイスにおいて、レンズと半透過型光素子の距離 L/2 を変化させたときの透過側挿入損失の測定を行った。L/2 を 4.0、

6. 0、8. 0 mmに変化させたときの各部の寸法の計算値もあわせて表 2 に示す。挿入損失の測定結果は、図 2 6 に示す通りである。 $L/2$  が 6 ~ 1 0 mm の範囲で挿入損失  $IL$  が低くなり、 $L/2 = 9$  mm のとき、 $IL$  の最小値 0. 6 dB が得られた。ただしこの  $IL$  は、半透過面の反射による減衰量分を除いた過剰挿入損失である。なお、透過側についても同様な特性が得られた。

【表 2】

レンズー反射面間距離	$L/2(\mu m)$	4000	6000	8000
光ファイバ端面ーレンズ間距離	$d0(\mu m)$	1083	1089	1097
倍率	$\beta$	5. 5	7. 3	9. 0
光ファイバ光軸間距離	$L1(\mu m)$	635	591	569
反射面のあおり角	(deg)	3. 58	2. 39	1. 79
ビームウェスト半径	$w1(\mu m)$	100	98	94
実効 NA	$Na_{eff}$	0. 168	0. 188	0. 197

## 10 産業上の利用可能性

以上に説明したように本発明によれば、結像光学系であるので、光学要素間の距離の設定の自由度が大きく、利用範囲が広い。

また、光学要素間の間隔を等間隔且つ高精度に形成しやすく、高度な調芯技術が不要となる。

- 15 特に、対をなすレンズの近接する部分を切除しレンズとして有効に作用する部分のみを集合させたマイクロレンズアレイとすることで、デバイスの小型化を達成することが可能になる。

## 請求の範囲

1. 第1の光ファイバから出射した光がレンズで集光されて反射型光素子方向に向かい、この反射型光素子で前記第1の光ファイバから出射した光またはその一部が反射され、この反射した光がレンズで集光されて第2の光ファイバに入射する光デバイスユニットにおいて、前記レンズはそれぞれの光ファイバに対応した第1及び第2のレンズからなり、また前記第1及び第2の光ファイバの光軸間距離は前記第1及び第2のレンズの光軸中心間距離より大きく、且つ第1の光ファイバの光出射端と第1のレンズの光軸中心と反射型素子の反射点は一直線状に配置され、また反射型素子の反射点と第2のレンズの光軸中心と第2の光ファイバの入射端は一直線状に配置されていることを特徴とする光デバイスユニット。

2. 請求の範囲第1項に記載の光デバイスユニットにおいて、前記光ファイバは多モード光ファイバであり、第1の光ファイバの光出射端と反射型光素子の反射点、また第2の光ファイバの光入射端と反射型光素子の反射点とがそれぞれ幾何光学的な共役関係にあることを特徴とする光デバイスユニット。

3. 請求の範囲第1項に記載の光デバイスユニットにおいて、前記光ファイバは単一モード光ファイバであり、第1の光ファイバの光出射端、反射型光素子の反射点、また第2の光ファイバの光入射端のいずれの位置にもガウシアンビームのビームウェストが形成されることを特徴とする光デバイスユニット。

4. 請求の範囲第1項に記載の光デバイスユニットにおいて、前記レンズは軸外収差を補正する手段を備えていることを特徴とする光デバイスユニット。

5. 請求の範囲第4項に記載の光デバイスユニットにおいて、前記軸外収差を補正する手段は、レンズの直交する2軸の光学的パワーを変化さ

せた形状であることを特徴とする光デバイスユニット。

6. 請求の範囲第1項に記載の光デバイスユニットにおいて、前記反射型光素子は分波フィルタ、可動鏡または光検出器のいずれかであることを特徴とする光デバイスユニット。

5 7. 請求の範囲第1項乃至第6項のいずれか1項に記載の光デバイスユニットが1次元または2次元状に複数個連設されていることを特徴とする光デバイス。

8. 半透過型光素子を中心として左右両側の少なくとも一方の側に出射用光ファイバと入射用光ファイバが対をなして配置され、左右一方の側  
10 の出射用光ファイバから出射した光をレンズ手段で集光せしめ、この集光した光を半透過型光素子を透過させ又は同素子で反射させて左右の入射用光ファイバに選択的に入射せしめるようにした光デバイスユニットにおいて、前記レンズ手段は対をなす出射用及び入射用の光ファイバに対応した一对のレンズからなり、また前記対をなす出射用及び入射用の  
15 光ファイバの光軸間距離は前記一对のレンズの光軸中心間距離より大きく、且つ各光ファイバの光出射端または入射端と各光ファイバに対応するレンズの光軸中心と半透過型光素子の透過点または反射点は一直線状に配置されていることを特徴とする光デバイスユニット。

9. 請求の範囲第8項に記載の光デバイスユニットにおいて、前記光ファイバは多モード光ファイバであり、出射用ファイバの光出射端と半透過型光素子の透過点または反射点、また入射用光ファイバの光入射端と半透過型光素子の透過点または反射点とがそれぞれ幾何光学的な共役関係にあることを特徴とする光デバイスユニット。

10. 請求の範囲第8項に記載の光デバイスユニットにおいて、前記光  
25 ファイバは単一モード光ファイバであり、出射用光ファイバの光出射端、半透過型光素子の透過点または反射点、また入射用光ファイバの光入射端のいずれの位置にもガウシアンビームのビームウェストが形成されることを特徴とする光デバイスユニット。

1 1. 請求の範囲第 8 項に記載の光デバイスユニットにおいて、前記レンズは軸外収差を補正する手段を備えていることを特徴とする光デバイスユニット。

5 1 2. 請求の範囲第 1 1 項に記載の光デバイスユニットにおいて、前記軸外収差を補正する手段は、レンズの直交する 2 軸の光学的パワーを変化させた形状であることを特徴とする光デバイスユニット。

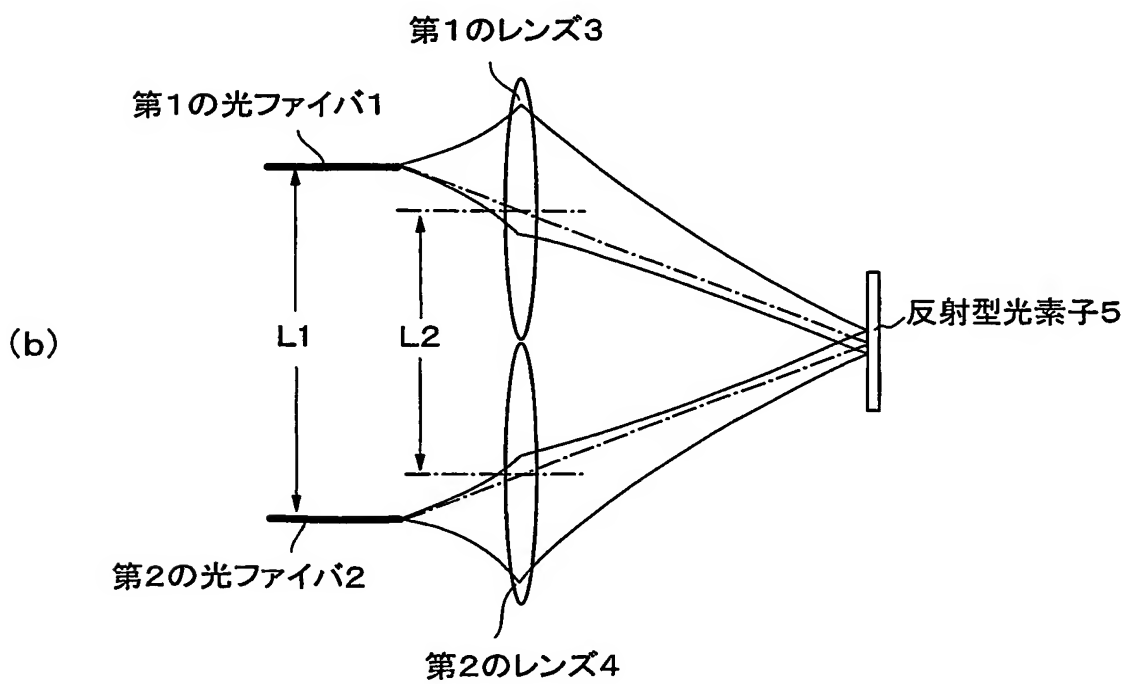
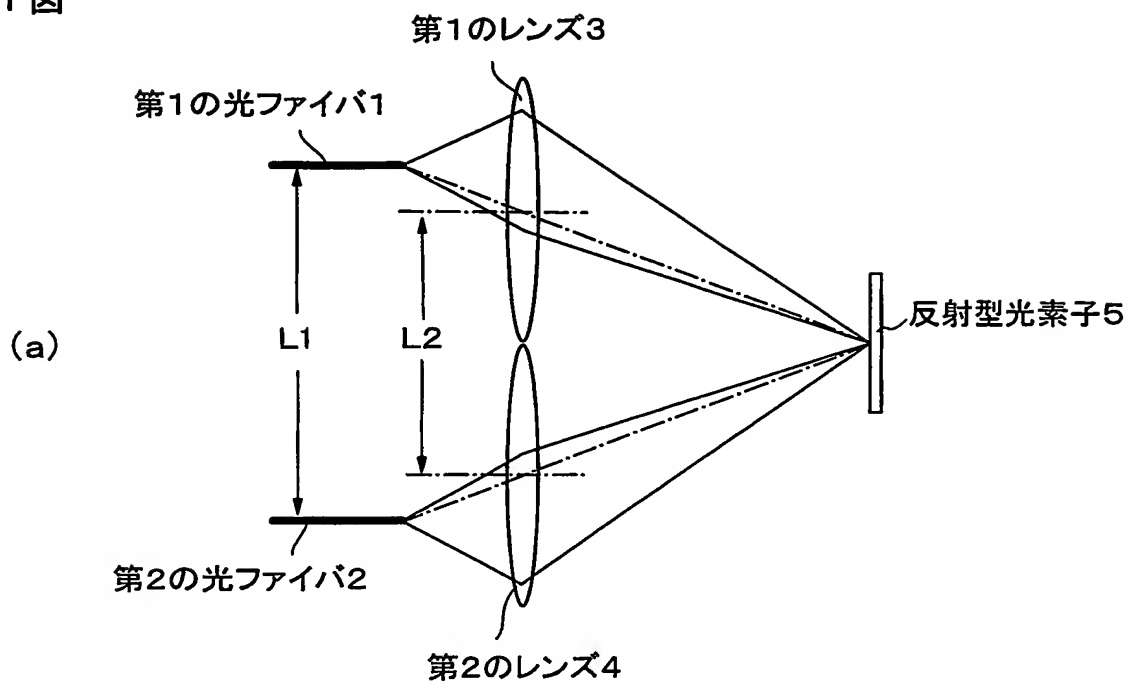
1 3. 請求の範囲第 8 項に記載の光デバイスユニットにおいて、前記半透過型光素子は分波フィルタまたは液晶シャッタなどの反射／透過切替素子であることを特徴とする光デバイスユニット。

10 1 4. 請求の範囲第 8 項乃至第 1 3 項のいずれか 1 項に記載の光デバイスユニットが 1 次元または 2 次元状に複数個連設されていることを特徴とする光デバイス。

15 1 5. 透明基板の表面に複数のレンズ部を形成してなるマイクロレンズアレイにおいて、前記レンズ部は 2 つのレンズが対をなし、この対をなすレンズは、光軸方向から見て各レンズの中心を結ぶ線分の垂直 2 等分線に沿って切除されるとともにこの切除された部分を突き合わせた形状をなしていることを特徴とするマイクロレンズアレイ。

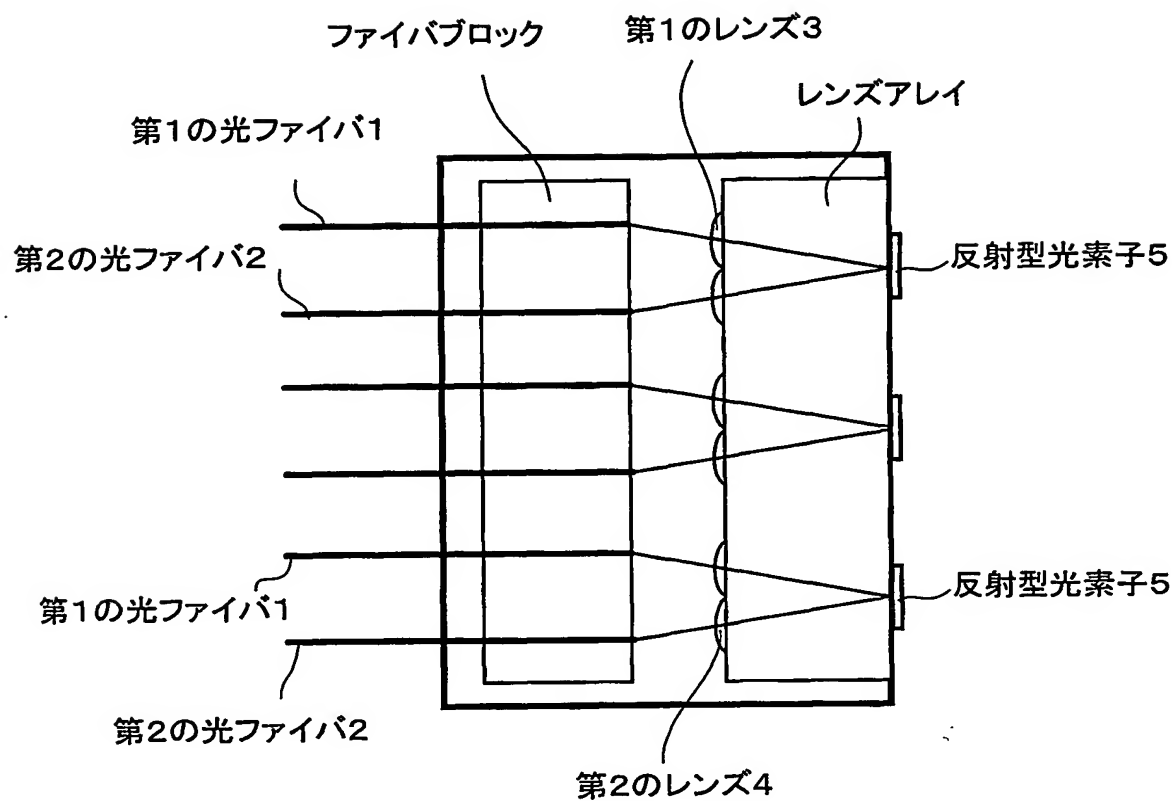


第1図



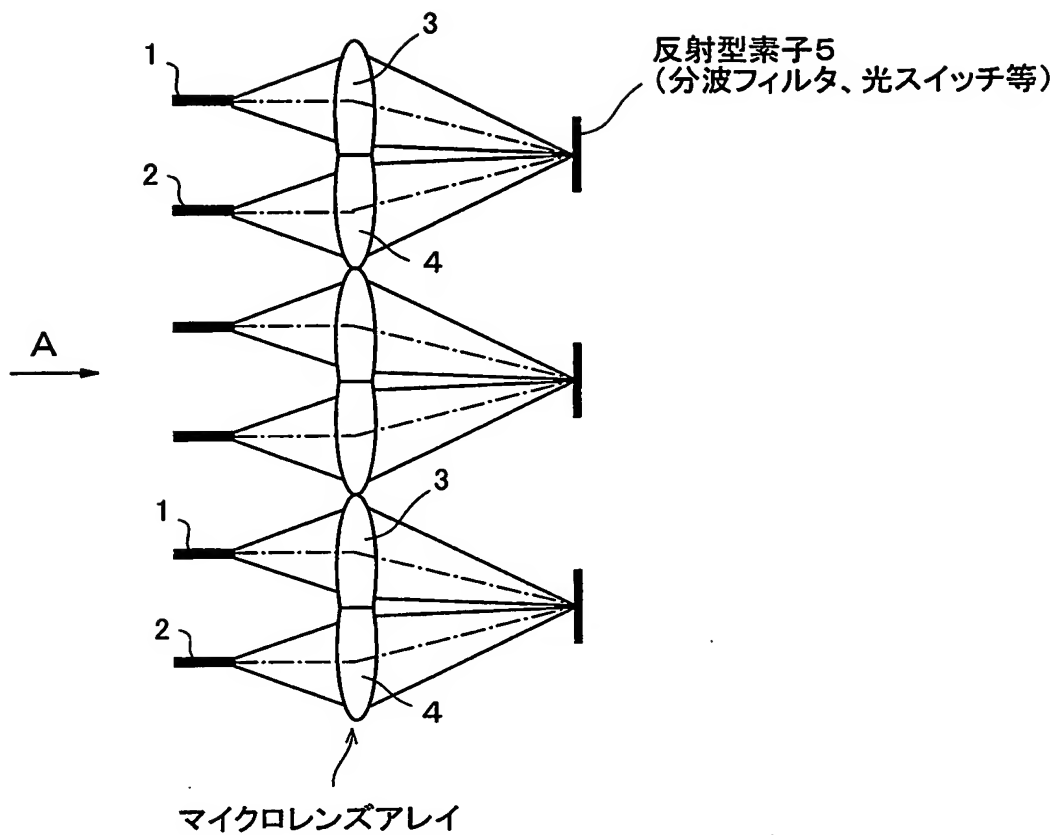
2/23

第2図

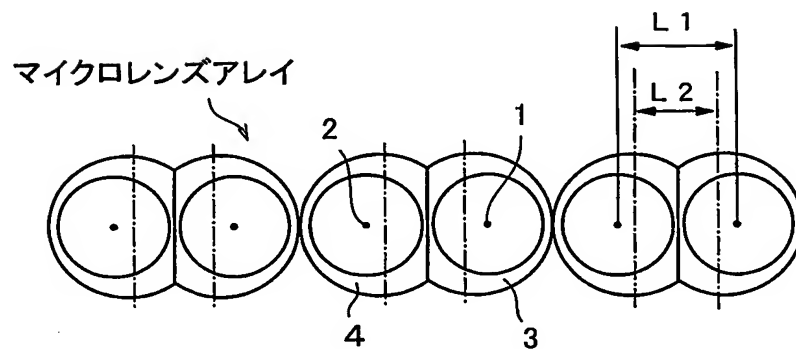


3/23

第3図



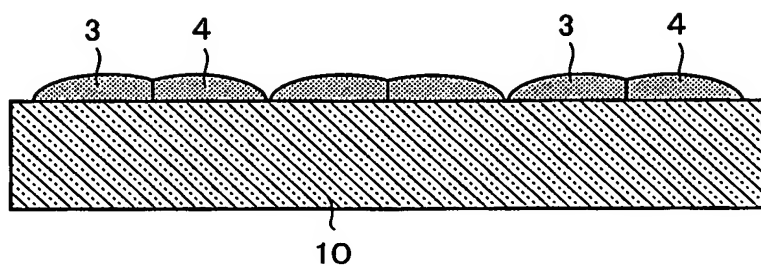
第4図



4/23

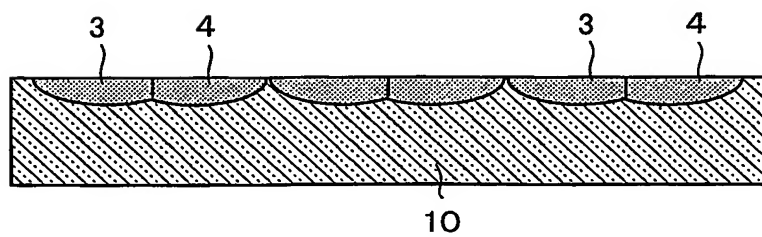
第5図

マイクロレンズアレイ



第6図

マイクロレンズアレイ



5/23

## 第 7 図

pitch = 125  $\mu$ m

(a)

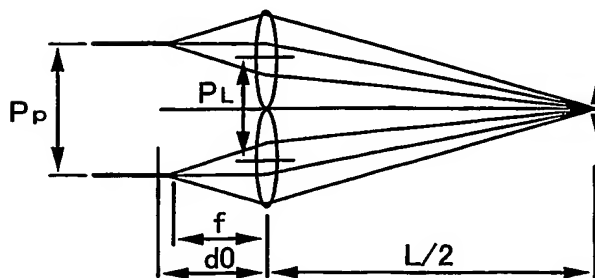
$\beta$	PL	d0	L/2	f	NA	$\theta$
3	94	247	740	185	0.253	3.6
4	100	263	1053	211	0.238	2.7
5	104	274	1371	228	0.228	2.2
6	107	282	1692	242	0.222	1.8
7	109	288	2015	252	0.217	1.6
8	111	292	2339	260	0.214	1.4
9	113	296	2664	266	0.211	1.2

pitch = 250  $\mu$ m

(b)

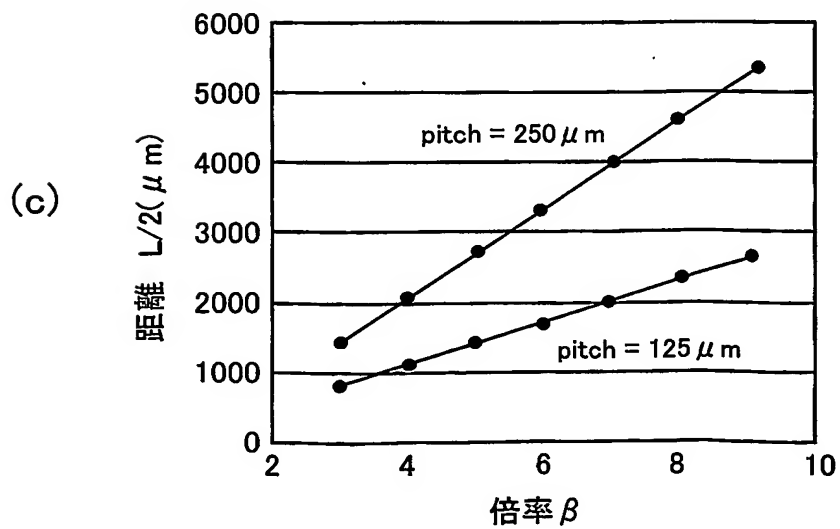
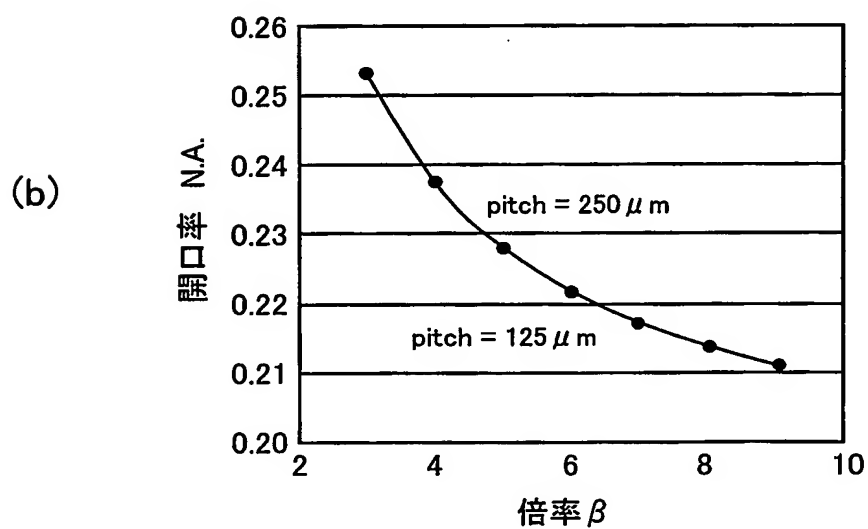
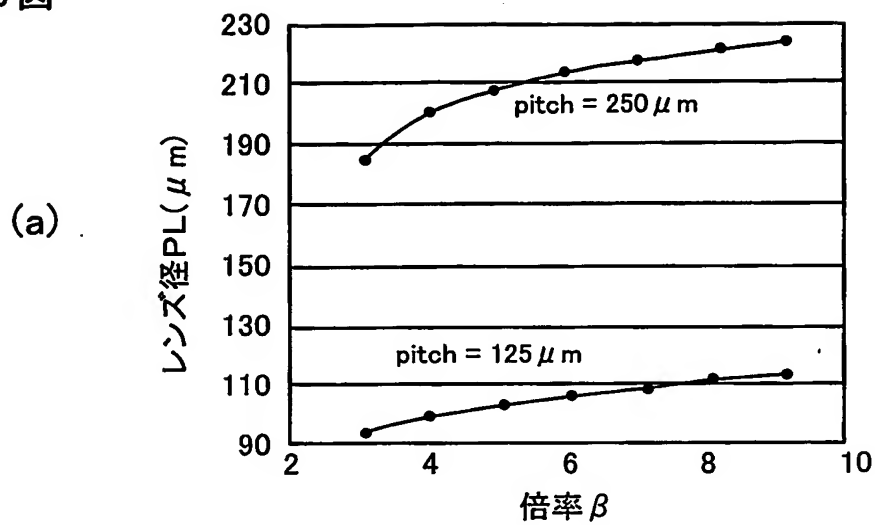
$\beta$	PL	d0	L/2	f	NA	$\theta$
3	188	493	1480	370	0.253	3.6
4	200	526	2105	421	0.238	2.7
5	208	548	2741	457	0.228	2.2
6	214	564	3383	483	0.222	1.8
7	219	576	4030	504	0.217	1.6
8	222	585	4678	520	0.214	1.4
9	225	592	5329	533	0.211	1.2

(c)



6/23

第8図



7/23

第 9 図

pitch = 125  $\mu$ m

(a)

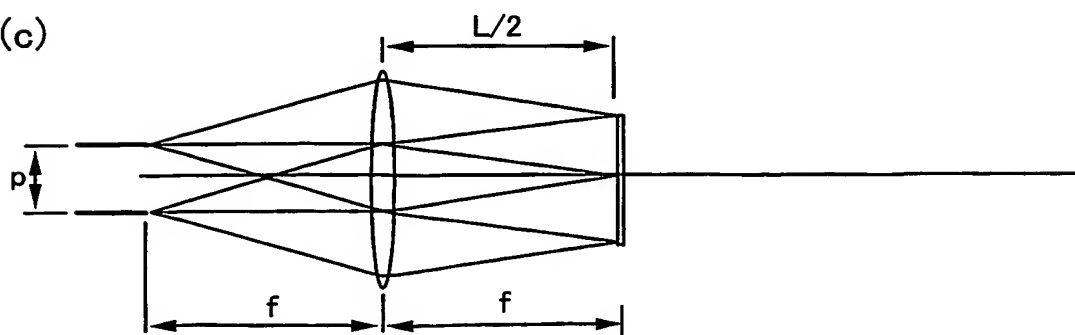
$f(\mu\text{m})$	$PL(\mu\text{m})$	NA	$\theta(\text{deg})$	$L/2(\mu\text{m})$	$2w1(\mu\text{m})$
360	250	0.347	9.85	360	67.7
720	375	0.260	4.96	720	135.3
1080	500	0.231	3.31	1080	203.0
1440	625	0.217	2.49	1440	270.7
1800	750	0.208	1.99	1800	338.3
2160	875	0.203	1.66	2160	406.0
2520	1000	0.198	1.42	2520	473.6

pitch = 250  $\mu$ m

(b)

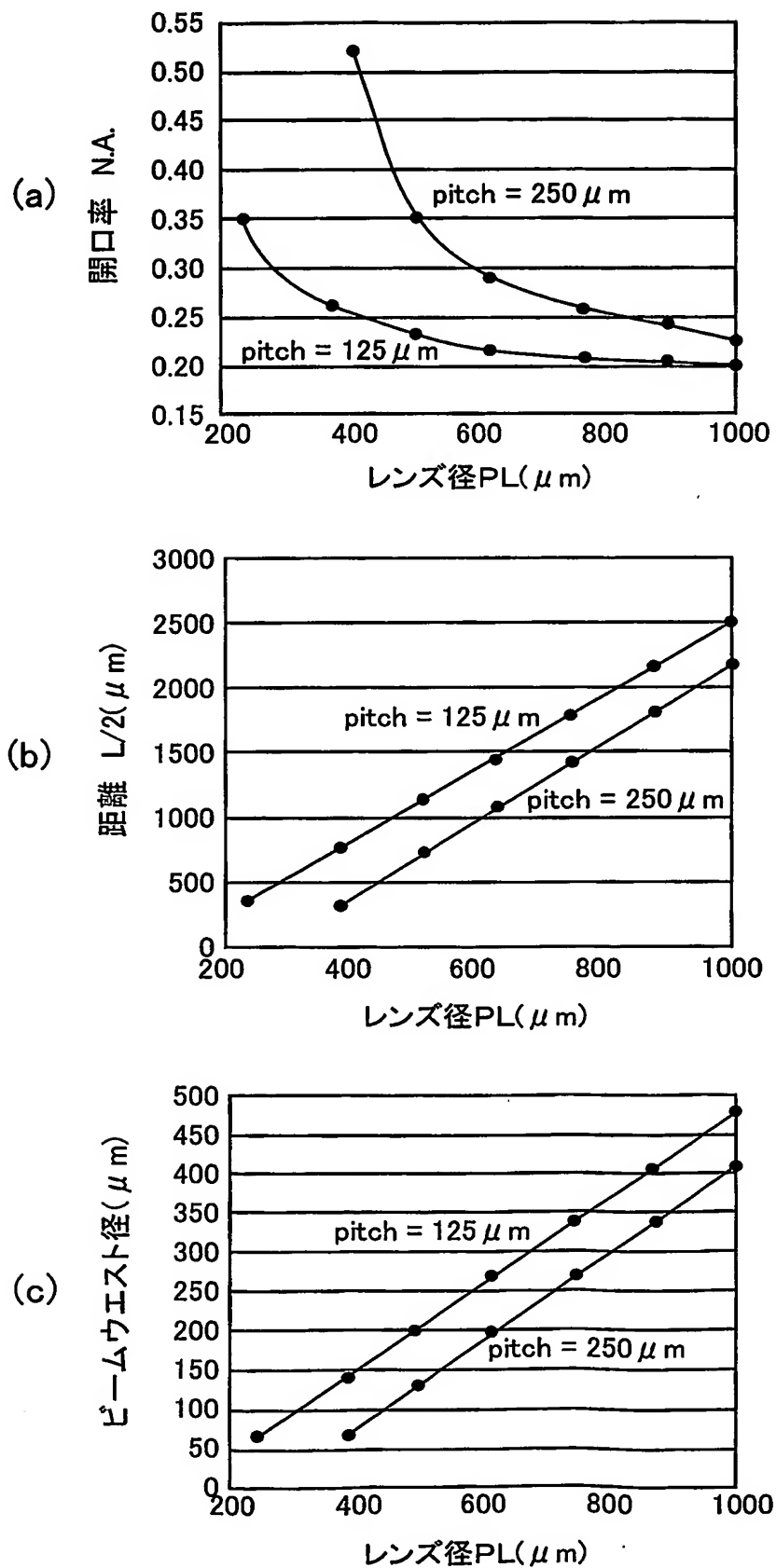
$f(\mu\text{m})$	$PL(\mu\text{m})$	NA	$\theta(\text{deg})$	$L/2(\mu\text{m})$	$2w1(\mu\text{m})$
360	375	0.521	19.15	360	67.7
720	500	0.347	9.85	720	135.3
1080	625	0.289	6.60	1080	203.0
1440	750	0.260	4.96	1440	270.7
1800	875	0.243	3.97	1800	338.3
2160	1000	0.231	3.31	2160	406.0
2520	1125	0.223	2.84	2520	473.6

(c)



8/23

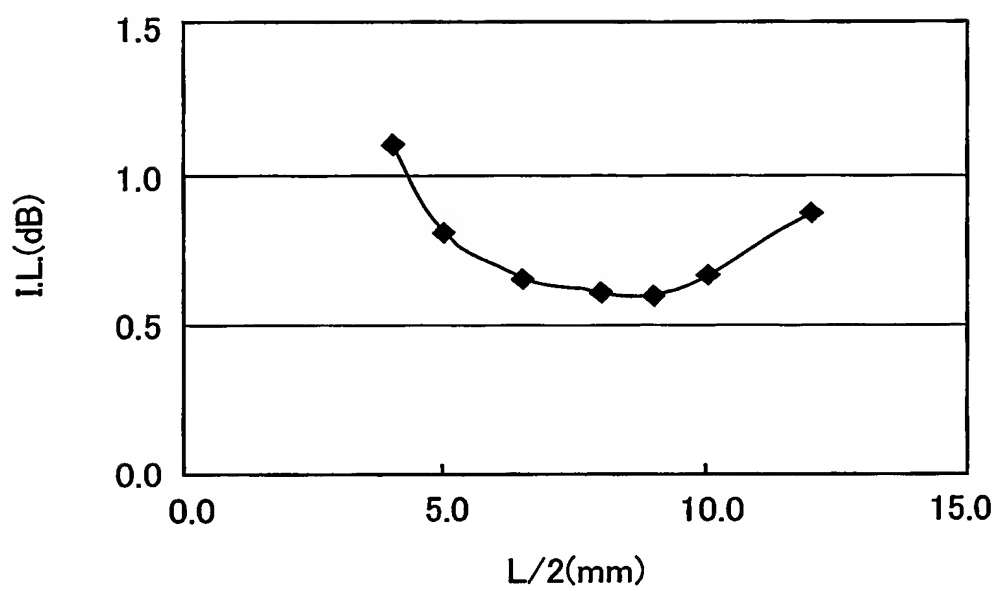
第10図





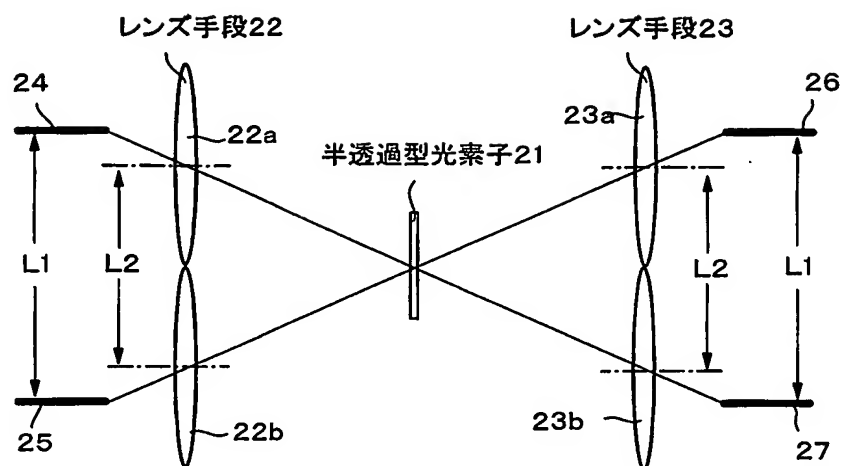
9/23

第11図

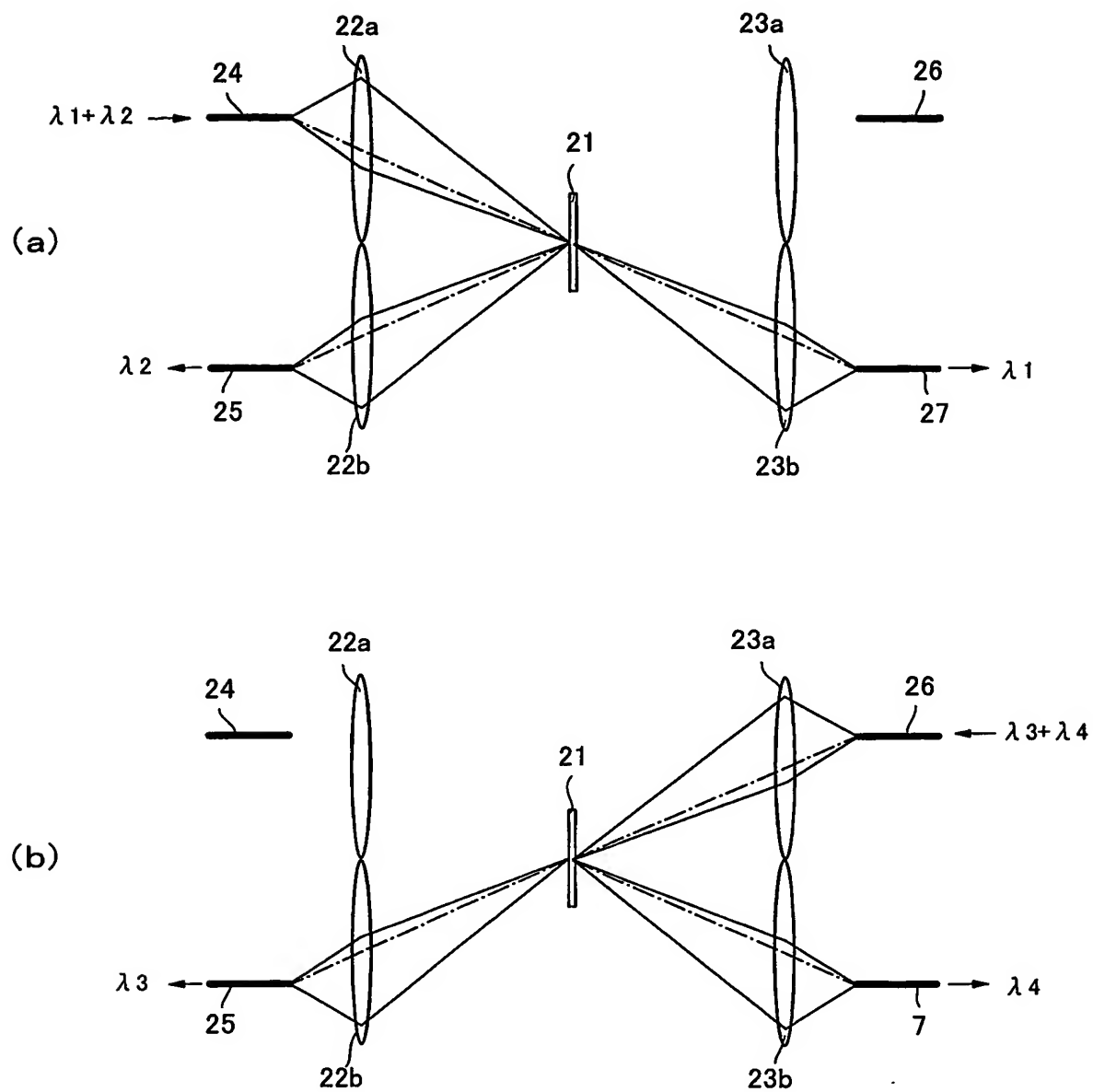


10/23

## 第 1 2 図

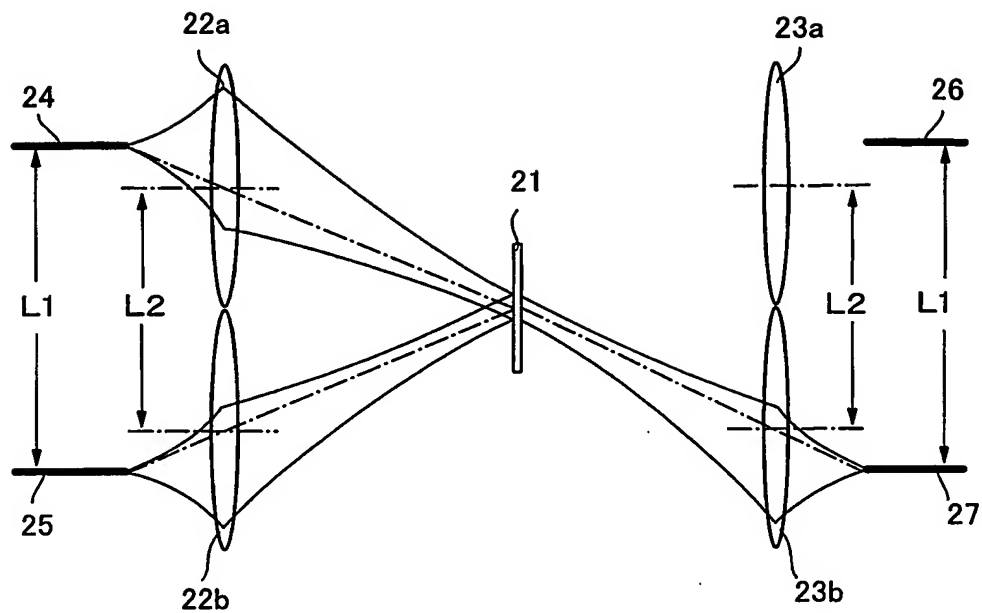


第 1 3 図

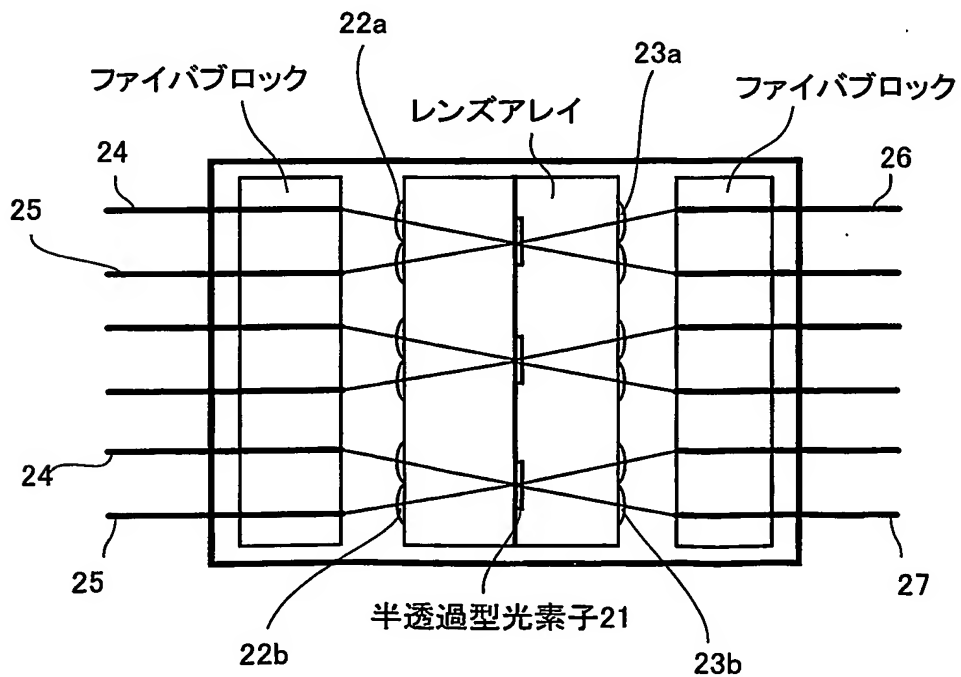


12/23

第 1 4 図

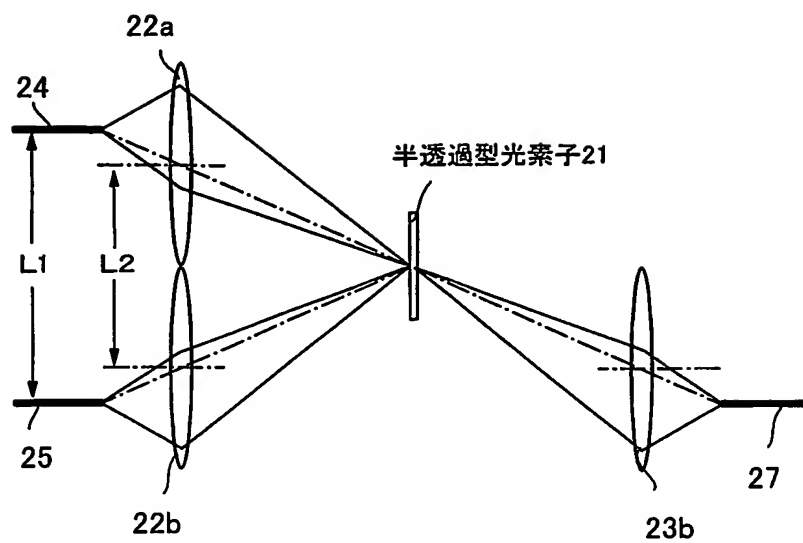


第 1 5 図



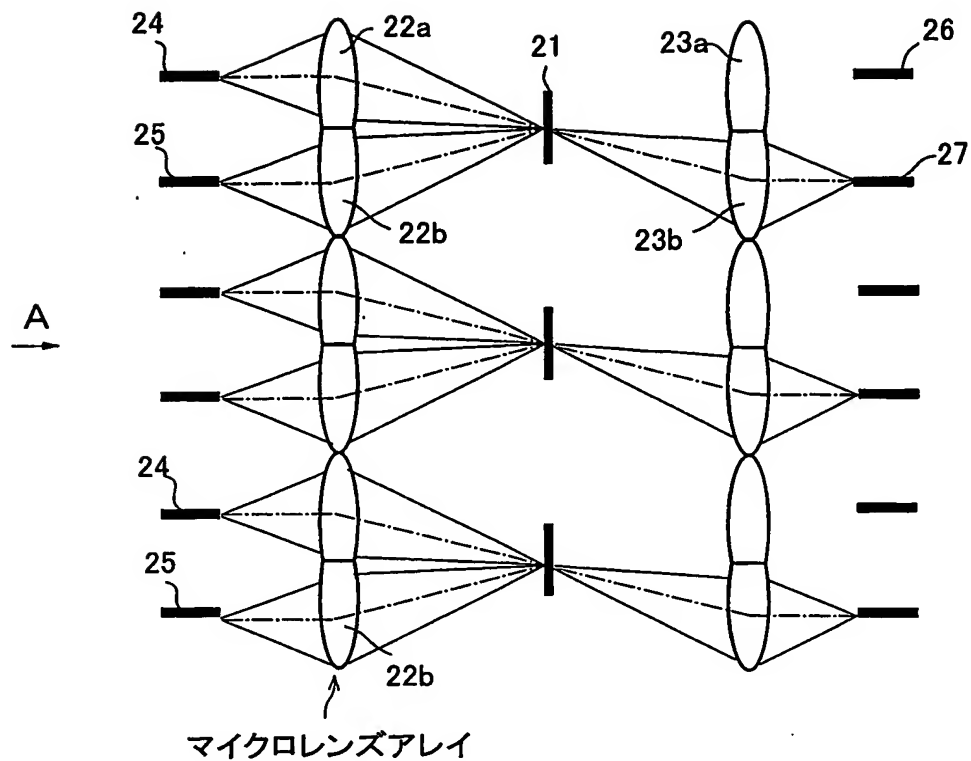
13/23

第 16 図

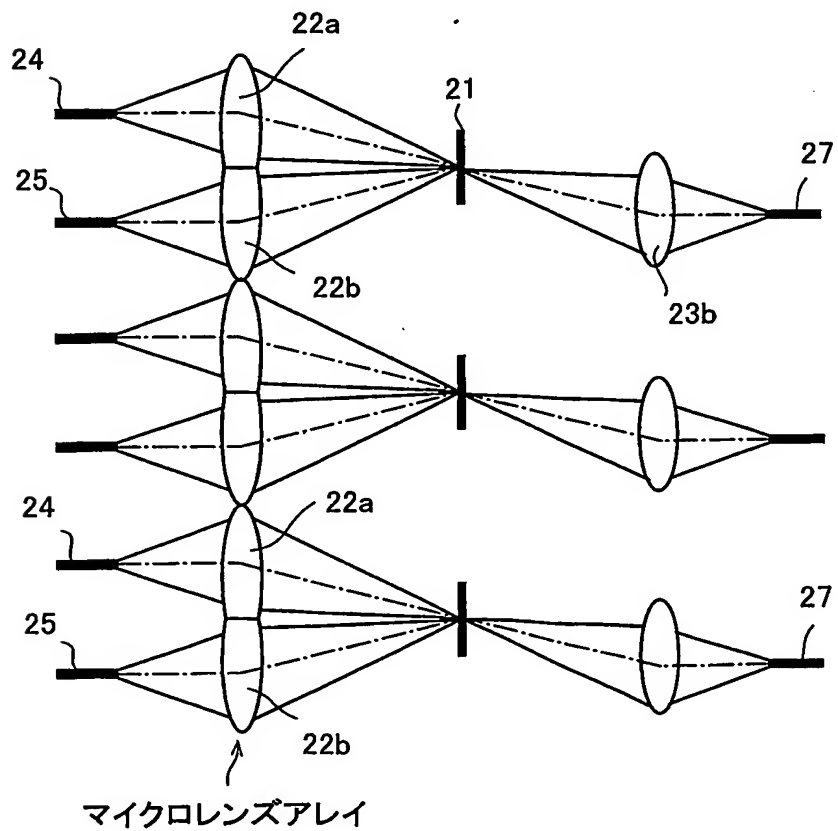


14/23

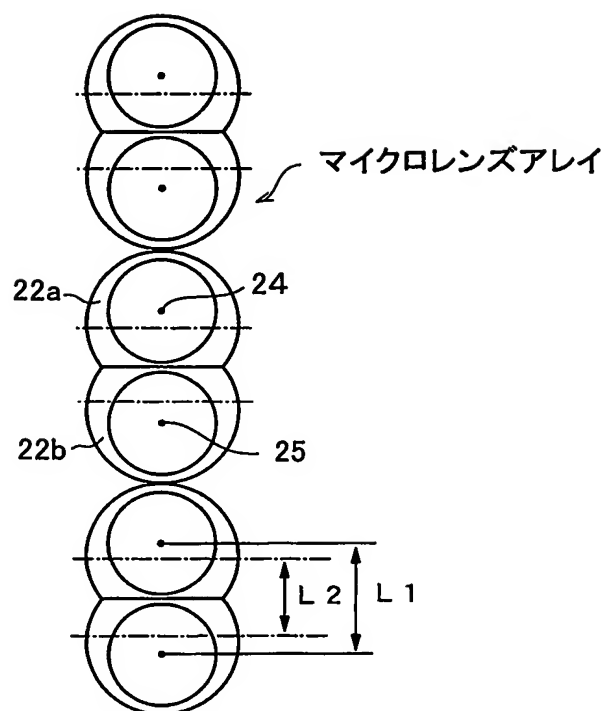
第 1 7 図



第 1 8 図

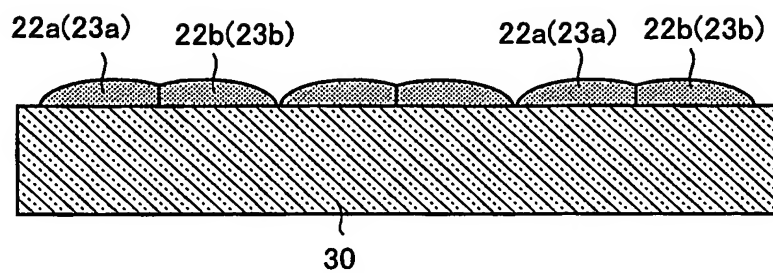


第 1 9 図



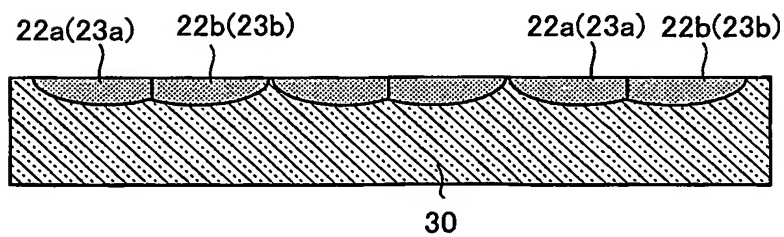
## 第 2 0 図

## マイクロレンズアレイ



## 第 2 1 図

## マイクロレンズアレイ





17/23

## 第 2 2 図

pitch = 125  $\mu$ m

(a)

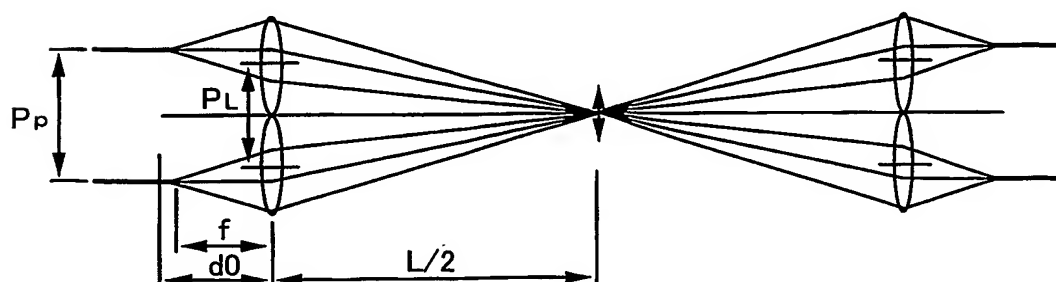
$\beta$	PL	d0	L/2	f	NA	$\theta$
3	94	247	740	185	0.253	3.6
4	100	263	1053	211	0.238	2.7
5	104	274	1371	228	0.228	2.2
6	107	282	1692	242	0.222	1.8
7	109	288	2015	252	0.217	1.6
8	111	292	2339	260	0.214	1.4
9	113	296	2664	266	0.211	1.2

pitch = 250  $\mu$ m

(b)

$\beta$	PL	d0	L/2	f	NA	$\theta$
3	188	493	1480	370	0.253	3.6
4	200	526	2105	421	0.238	2.7
5	208	548	2741	457	0.228	2.2
6	214	564	3383	483	0.222	1.8
7	219	576	4030	504	0.217	1.6
8	222	585	4678	520	0.214	1.4
9	225	592	5329	533	0.211	1.2

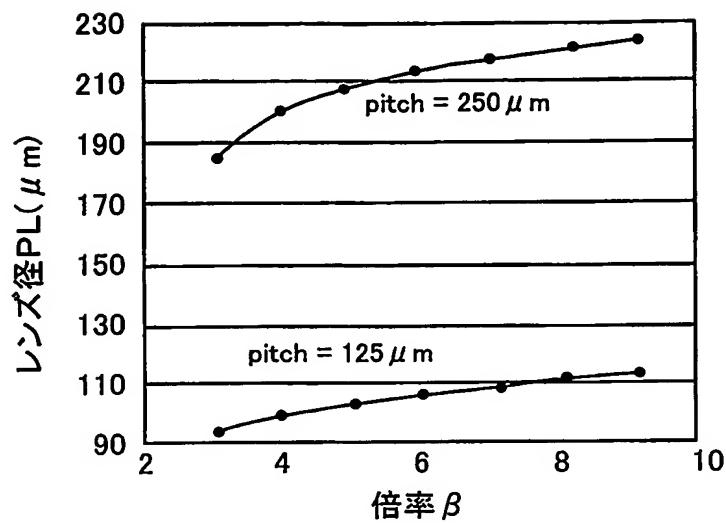
(c)



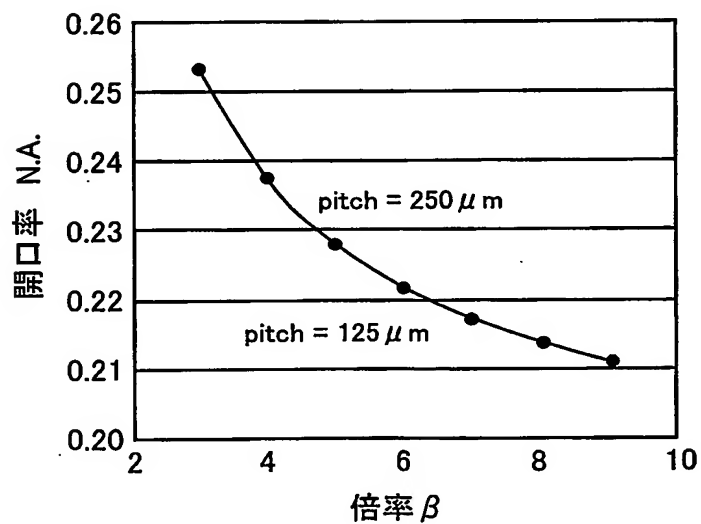
18/23

第 2 3 図

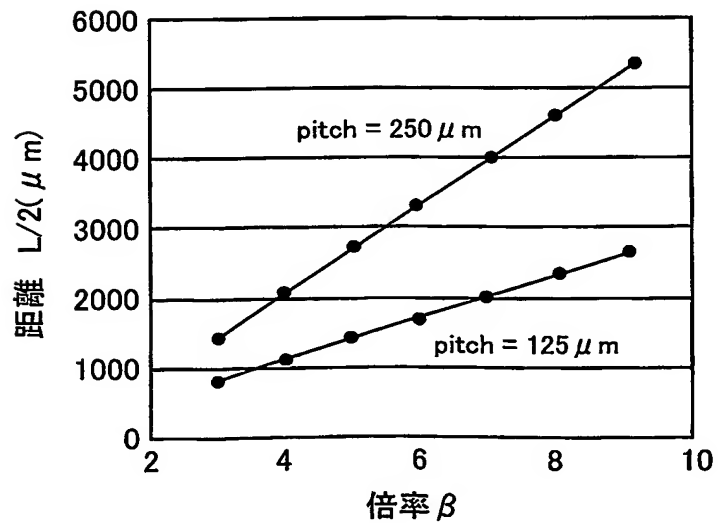
(a)



(b)



(c)



## 第 2 4 図

pitch = 125  $\mu$ m

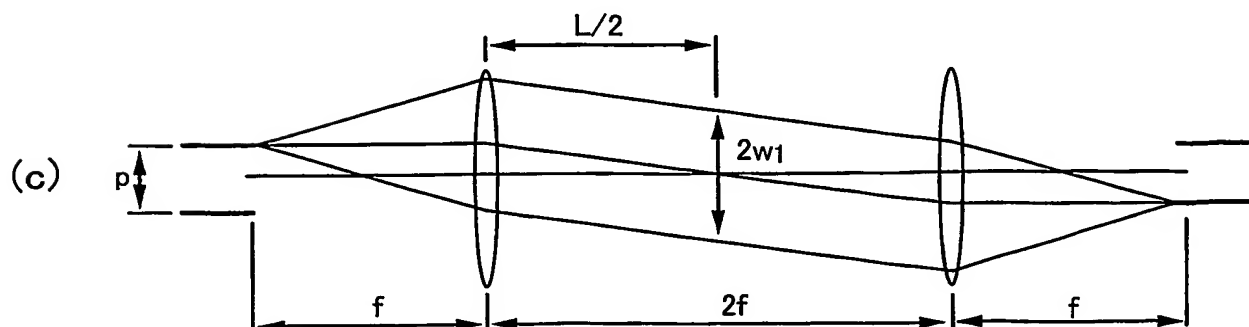
(a)

$f(\mu\text{m})$	$PL(\mu\text{m})$	NA	$\theta(\text{deg})$	$L/2(\mu\text{m})$	$2w1(\mu\text{m})$
360	250	0.347	9.85	360	67.7
720	375	0.260	4.96	720	135.3
1080	500	0.231	3.31	1080	203.0
1440	625	0.217	2.49	1440	270.7
1800	750	0.208	1.99	1800	338.3
2160	875	0.203	1.66	2160	406.0
2520	1000	0.198	1.42	2520	473.6

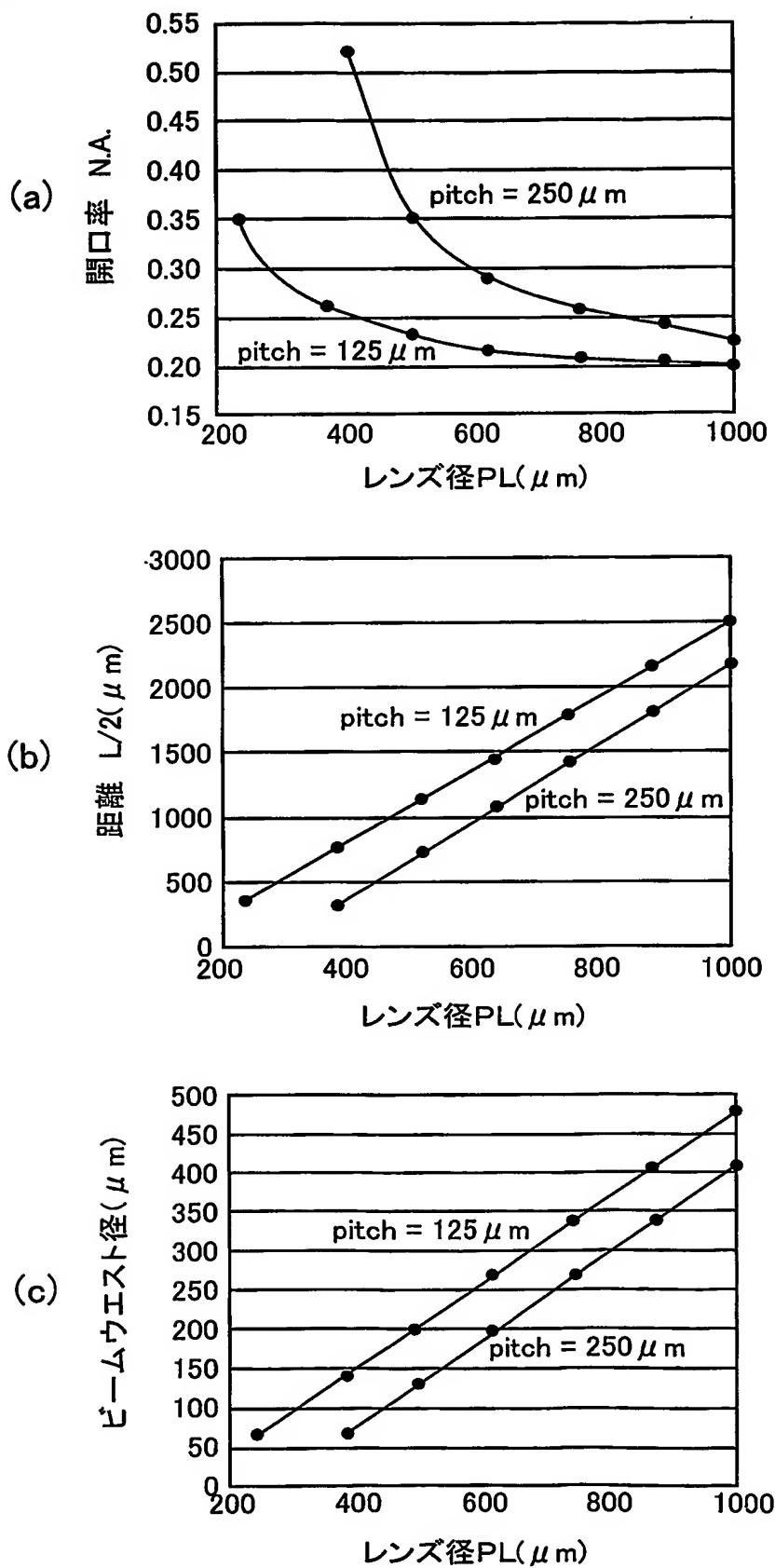
pitch = 250  $\mu$ m

(b)

$f(\mu\text{m})$	$PL(\mu\text{m})$	NA	$\theta(\text{deg})$	$L/2(\mu\text{m})$	$2w1(\mu\text{m})$
360	375	0.521	19.15	360	67.7
720	500	0.347	9.85	720	135.3
1080	625	0.289	6.60	1080	203.0
1440	750	0.260	4.96	1440	270.7
1800	875	0.243	3.97	1800	338.3
2160	1000	0.231	3.31	2160	406.0
2520	1125	0.223	2.84	2520	473.6

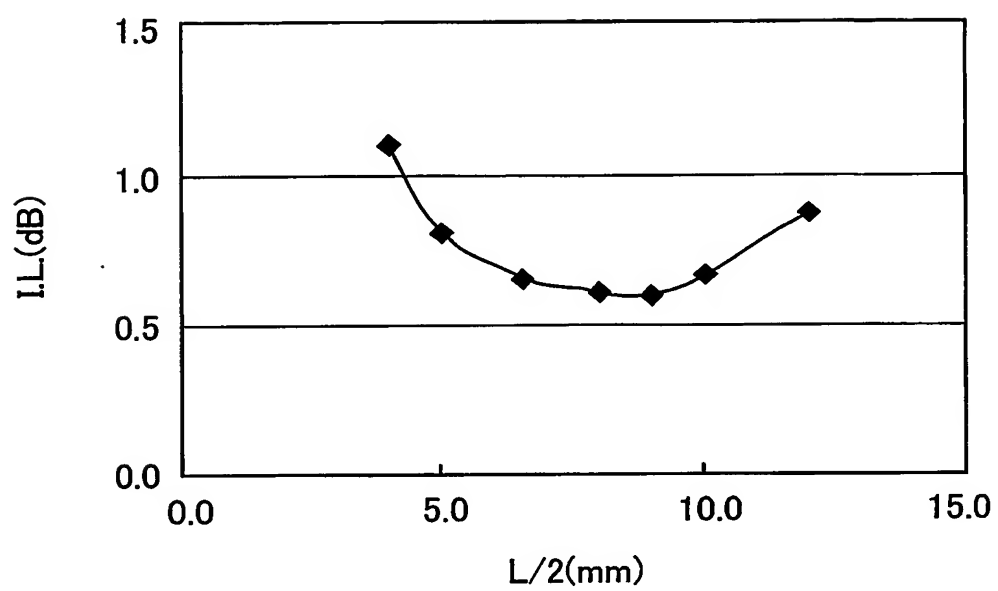


第 2 5 図

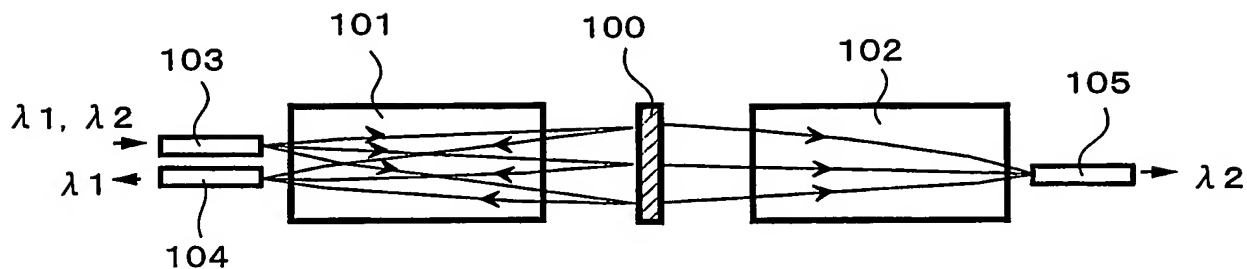


21/23

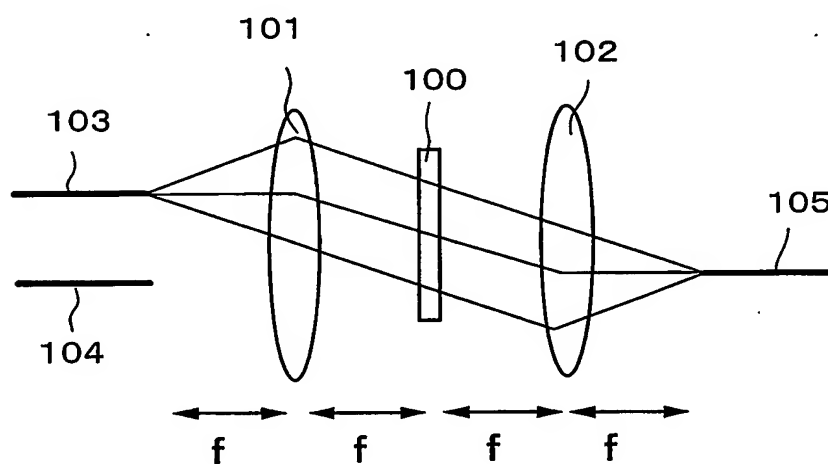
第26図



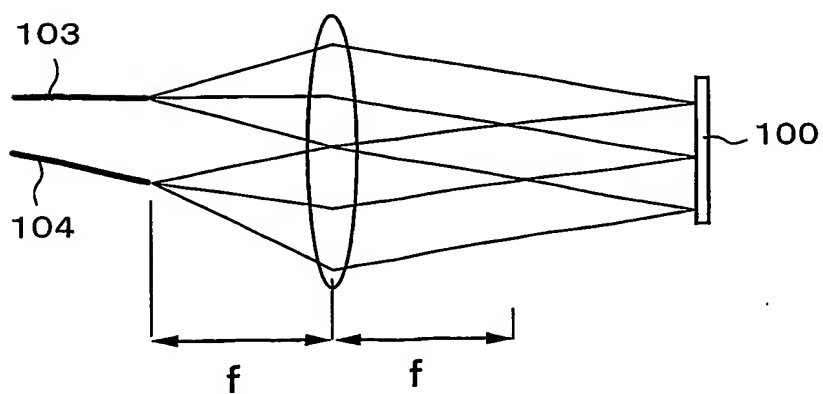
第 2 7 図



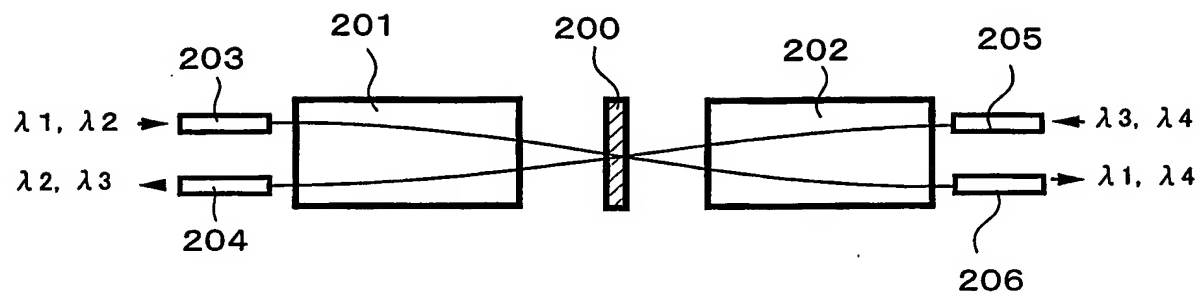
第 2 8 図



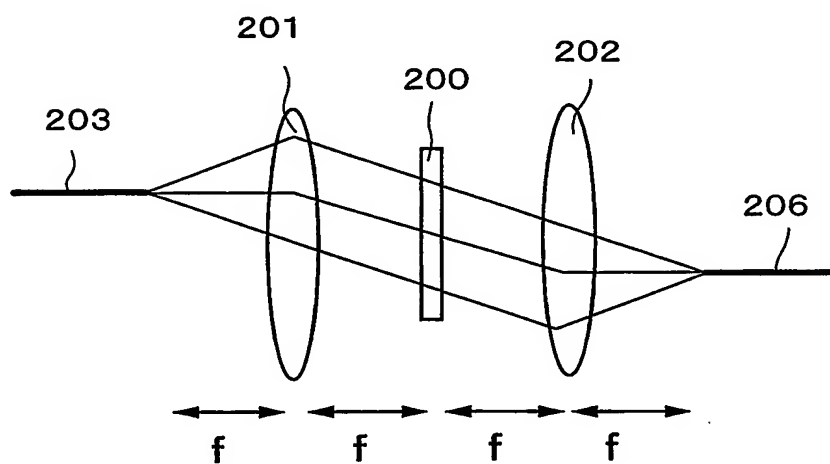
第 2 9 図



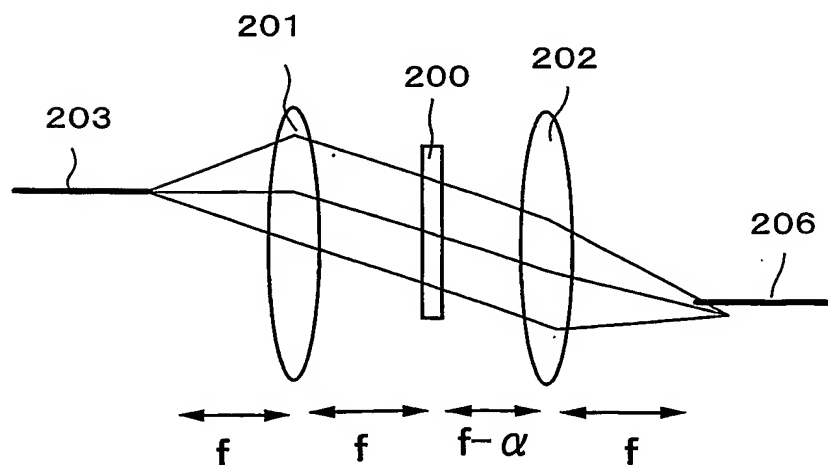
第 3 0 図



第 3 1 図



第 3 2 図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/07606

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G02B6/28, G02B6/42, G02B6/32, G02B3/00, G02F1/13

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G02B6/26-6/32, G02B6/42, G02B3/00, G02F1/13,  
G02B26/00-26/08, G02B27/00-27/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 8-101324 A (Toyo Communication Equipment Co., Ltd.), 16 April, 1996 (16.04.96), Par. Nos. [0016] to [0017]; Figs. 3, 4 (Family: none)	1, 2, 8, 9 3, 10
X Y	JP 58-159503 A (NEC Corp.), 21 September, 1983 (21.09.83), Fig. 3 (Family: none)	1, 2 3
Y	JP 2001-305376 A (Nippon Sheet Glass Co., Ltd.), 31 October, 2001 (31.10.01), & US 2001/0024548 A1	3, 10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search  
11 September, 2003 (11.09.03)

Date of mailing of the international search report  
30 September, 2003 (30.09.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP03/07606

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The international search has revealed that the technical feature of claims 1, 8 are not novel since they are disclosed in document 1: JP 8-101324 A and document 2: JP 58-159503 A. No technical relationship within the meaning of PCT Rule 13 between the inventions of claims [1-2] and the inventions of claims [3], [4-5], [6], [7], [8-9], [10], [11-12], [13], [14], [15] can be seen since the technical feature of claim 1 makes no contribution over the prior art. The inventions of claims [1-14] relate to an optical device unit, and that of claim [15] relates to a microlens array.

(Continued to extra sheet.)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
  
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
  
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1-3, 8-10

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07606

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet (1)

Therefore, no technical relationship within the meaning of PCT rule 13 between the inventions of claims [1-14] and the invention of claim [15] can be seen.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G02B6/28 G02B6/42 G02B6/32 G02B3/00  
G02F1/13

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G02B6/26-6/32 G02B6/42 G02B3/00  
G02F1/13 G02B26/00-26/08 G02B27/00-27/10

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公案 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
日本国実用新案登録公報 1996-2003年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 8-101324 A (東洋通信機株式会社) 1996.04.16 【0016】 - 【0017】、図 3,4 (ファミリーなし)	1,2,8,9 3,10
X Y	JP 58-159503 A (日本電気株式会社) 1983.09.21 第 3 図 (ファミリーなし)	1,2 3
Y	JP 2001-305376 A (日本板硝子株式会社) 2001.10.31 &US 2001/0024548 A1	3,10

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11.09.03

国際調査報告の発送日

30.09.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

日夏 貴史



2K

9411

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

## 第 I 欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第 1 ページの 2 の続き)

法第 8 条第 3 項 (PCT 17 条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であって PCT 規則 6.4(a) の第 2 文及び第 3 文の規定に従って記載されていない。

## 第 II 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 3 の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるときこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲 1,8 に記載された事項は文献 1:JP 8-101324 A に、請求の範囲 1 に記載された事項は文献 2:JP 58-159503 A のそれぞれに開示されているから、新規でないことが明らかとなった。この結果、請求の範囲 1 に記載された事項は先行技術の域を出ないから、請求の範囲 [1-2] と、請求の範囲 [3] [4-5] [6] [7] [8-9] [10] [11-12] [13] [14] [15] との間に PCT 規則 13 の意味における技術的な関連を見い出すことはできない。

また、請求の範囲 [1-14] は光デバイスユニットに関する発明であるのに対し、請求の範囲 [15] はマイクロレンズアレイに関する発明である。したがって、請求の範囲 [1-14] と、請求の範囲 [15] との間に PCT 規則 13 の意味における技術的な関連を見い出すことはできない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

1-3, 8-10

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。